N° 11-12 1942/1945

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1920).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937), R. ANTONY (1937-1941).

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Nécrologie
Charles Fabry (1867-1945)

De nouveau va disparaître de l'affiche de notre Faculté un des grands noms qui l'ont illustrée. Charles Fabry est mort. La Sorbonne, l'Académie des Sciences, le Bureau des Longitudes, l'Institut d'Optique et je ne sais combien de Sociétés scientifiques françaises et étrangères sont simultanément en deuil.

Charles Fabry était né à Marseille le 11 juin 1867. Il a raconté lui-même la médiocrité de ses études secondaires et quels éléments de dissipation avaient été pour lui son goût précoce pour l'Astronomie et l'observation des constellations et des éclipses. En 1885, il entrait à l'Ecole Polytechnique ; il en sortit, fermement décidé à se consacrer à la Science et à l'Enseignement. Agrégé de physique en 1889, docteur ès sciences en 1892, il enseigna dans les lycées de Pau, de Nevers, de Bordeaux, de Marseille et de Saint-Louis, à Paris. Enfin, en 1894, il entrait dans l'Enseignement supérieur qu'il ne devait plus quitter, d'abord à la Faculté des Sciences de Marseille jusqu'en 1920, puis à celle de Paris jusqu'à sa mise à la retraite en 1937. Depuis 1927, il occupait aussi la chaire de Physique de l'Ecole Polytechnique.

Au cours de cette brillante carrière professorale se développait son œuvre scientifique. Pour corriger l'imperfection des procédés de mesure utilisés dans la théorie des interférences, il découvre de bonne heure une méthode qui devait entièrement renouveler la mesure des longueurs d'onde et le mode de production des interférences. Son interféromètre à lames argentées et à ondes multiples lui a permis l'étude des raies fines et des raies satellites ; et c'est grâce à lui qu'a été établi le système international des longueurs d'onde adopté partout. Ses expériences sur la variation de la largeur des raies spectrales sous l'action d'un bain d'air liquide ; sur l'absorption des rayons ultra-violets par l'atmosphère ; sur le spectre solaire et celui des nébuleuses ont eu de grands retentissements dans la Physique pure, dans la Physique du Globe et dans l'Astronomie.

Il était de ceux qui pensent que l'enseignement et la recherche doivent être intimement liés pour le plus grand profit de l'un et de l'autre. A l'exemple de Tyndall, de Faraday, de Poincaré, il a écrit des articles et des livres de haute vulgarisation, comme son ouvrage « Physique et Astrophysique », ses « Eléments d'Electricité », ses « Eléments de Thermodynamique » et ce volume sur « Les Radiations » dont il a donné le bon à tirer avant de mourir et qu'il n'aura pas vu paraître. Ces trois derniers ouvrages appartiennent à la Collection Armand Colin dont il a dirigé pendant vingt-cinq ans la Section de Physique avec tant d'autorité et de sagacité, examinant et améliorant avec le plus grand soin les manuscrits des trente volumes qu'elle contient.

Il a fondé en 1920 et organisé cet Institut d'Optique qui est intégré à notre Faculté et qui, dans la paix comme dans la guerre, a rendu tant de services d'ordre scientifique et d'ordre professionnel.

Il fut un professeur d'une éblouissante clarté

et un brillant conférencier, en France et à l'étranger. Ses conférences publiques, à Marseille, avaient lieu dans une salle comble où se pressaient étudiants, ingénieurs et ouvriers.

Il était simple, loyal et bon, avec ce charme incomparable des hommes de science qui savent draper, dans les voiles légers de l'esprit de finesse, les formes rigides de l'esprit de géométrie.

Les honneurs étaient allés vers lui, naturellement. Membre de l'Académie des Sciences, du Bureau des Longitudes, du Bureau International des Poids et Mesures, de la Royal Society, de la Royal Institution, du Franklin Institute, il avait reçu la médaille Rumford de la Royal Society et la médaille Dreper de la National Academy.

Il est mort le 11 décembre 1945. A ses obsèques, notre Faculté était représentée par une délégation conduite par votre doyen, et par un grand nombre de ses membres venus spontanément saluer la dépouille du Maître, du collègue ou de l'ami.

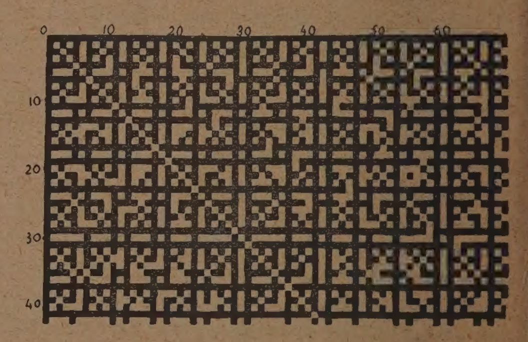
PAUL MONTEL,
Membre de l'Institut,
Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Généralisation du crible d'Eratosthène

L'étude de la représentation des composés chimiques (1) au moyen de formules de la forme $A_\alpha B_\beta C_\gamma$ ... conduit à envisager des ensembles (α, β, γ, ...) de n nombres entiers premiers entre eux. Ces ensembles de nombres peuvent être obtenus en généralisant, dans des espaces à n dimensions, la méthode connue sous le nom de CRIBLE d'ERATOSTHENE pour obtenir les nombres premiers absolus. Soit $(o. x, y, z, t, ...)$ un système de coordonnées cartésiennes à n dimensions. Chaque ensemble de nombres (α, β, γ, ...) est représenté par un point A. Soient A_1 et A_2 deux types de points correspondant respectivement à des ensembles d'entiers, premiers entre eux pour A_1 et non premiers entre eux pour A_2. Convenons d'attribuer des symboles différents aux points A_1 et A_2. La réalisation du crible consiste à attribuer leur symbole à tous les points du quadrillage considéré, soit le symbole des A_1 soit celui des A_2. La distribution des points du genre A_1 et A_2 forme dans cet espace une figure qui fournit la répartition des ensembles premiers.

L'étude des plans réticulaires des cristaux conduit à envisager un crible à trois paramètres. Je me limiterai à l'examen du crible à deux dimensions. C'est lui qui fournit les couples de nombres correspondant aux composés chimiques binaires. Ce crible me suffira pour donner un exemple précis, destiné à illustrer l'intérêt de la notion de symorphie que j'ai définie par ailleurs (2), et qui est une très large extension de la notion de symétrie minéralogique, puisque c'est l'ensemble des transformations qui laissent invariant, un système physique ou mathématique quelconque comme la symétrie minéralogique est l'ensemble des symétries qui laissent un cristal invariant.

La construction d'un crible d'Eratosthène à deux paramètres peut être réalisée au moyen d'un quadrillage représentant des couples d'entiers. Soit O l'origine du quadrillage. Les droites OA contiennent un seul point du genre A_1, et une infinité de multiples du genre A_2. Le point A_1 est plus proche de O que tous les autres. En s'éloignant systématiquement de l'origine, on peut marquer les A_1 puis les A_2 qui s'en déduisent respectivement. Si on imagine un tableau ainsi constitué, et dans lequel les A_1 et A_2 seraient des points mathématiques différents, on peut démontrer qu'il comporte une infinité dénombrable d'axes de symétrie ; en général obliques. A chacun de ces axes correspondent plusieurs directions conjuguées de symétries obliques, et, par conséquent, il en existe une infinité dénombrable. On appelle symétrie oblique, la transformation obtenue, dans un système de coordonnées obliques (x et z) en changeant x en $-x$.



La figure représente un crible dans lequel les A_1 sont représentés par des carrés noirs. Comme les « motifs » qui indiquent les A_1 ne sont pas ponctuels, les symétries obliques sont masquées en grande partie. J'indiquerai les plus remarquables d'entre elles en désignant leur axe OA_1 par A_1 et leurs directions conjuguées également par A_1 pris dans le quadran convenable.

L'axe (1,1) correspond aux directions (1, —1) (1,0) (0,1), l'axe (2,1) à (0,1) ; (1,0), (1,1).

Des symétries obliques conjuguées de (1,0) ont pour axes (n,1) et (n,2). De plus, chaque ligne du tableau présente une répartition périodique, dont

(1) *Actualités scientifiques et industrielles*, Hermann, Paris, 173, p. 9, 1934.
(2) *Revue générale des Sciences*, décembre 1939.

la période minima est égale au produit des facteurs premiers du nombre auquel elle correspond, pris avec l'exposant 1.

Si d'un point entier de l'un des axes, on mène les deux obliques à 45° et la perpendiculaire à cet axe, la répartition des points sur ces trois droites est la même. Enfin, si on envisage aussi les valeusr négatives de y, on obtient un tableau dans lequel l'axe ox est un axe de symétrie droite et oblique, en particulier à 45°. Par suite, la succession des différentes répartitions obtenues sur les transversales joignant (n,o) et (o,n) se retrouve dans une infinité d'angles de sommets o, sur les lignes successives parallèles aux axes.

Cette symorphie très élevée permet de déduire tout le tableau, connaissant un de ses points. Ainsi le crible d'Eratosthène à deux dimensions, permet de passer *directement* d'un couple de nombres premiers entre eux, à tous les couples de nombres premiers entre eux, sans omission, et sans être obligé de s'occuper des couples de nombres non premiers. Ceci se démontre facilement de plusieurs manières, en particulier par le mécanisme suivant : Du point (n,o) on considère les parallèles à $(0,1)$ et à $(1,-1)$. Si le tableau est construit jusqu'à n-1, on déduit la répartition parallèle à $(0,1)$ de celle parallèle à $(1,-1)$. Partant de $n=2$ et sachant que 1,1 est premier, on déduit tout le tableau par récurrence en passant successivement par toutes les parallèles à OY.

D'autres mécanismes peuvent également fournir la construction de tout le tableau, sachant que le couple 1,1 est premier.

Il suffit, par exemple, d'envisager les symétries par rapport aux deux droits (2,1) et (1,1), on obtient ainsi tout le tableau, sans omissions mais avec répétitions.

Si on traduit alors algébriquement les constructions ainsi réalisées, on obtient des formules relativement simples, donnant, par récurrence, les couples de nombres premiers entre eux.

Comme les symétries obliques multiples engendrent une infinité de points alignés, on obtient une formule relativement simple, en utilisant la construction au moyen de symétries (2,1) et (1,1). Etant donnée la grande symorphie du tableau, il est possible d'envisager d'autres constructions, qui, peut-être, fourniront des formules plus simples encore, sans omissions ni répétitions.

PAUL RENAUD.
Maître de Rech rches,
au C. N. R. F.

LES APPLICATIONS TECHNIQUES DE LA MÉCANIQUE ONDULATOIRE

Le créateur de la Mécanique ondulatoire a prononcé, dans la séance de clôture des « Journées des Etats de surface » organisées du 23 au 26 octobre 1945 *par l'Office professionnel de la Transformation des Métaux, l'allocution suivante qui ne manquera pas d'intéresser très vivement tous les lecteurs de la* Revue Générale des Sciences, *en leur montrant comment cette géniale théorie, qui paraissait dans ses débuts confinée dans le domaine de l'abstraction la plus éthérée, a pu déjà conduire à d'importantes applications techniques et ouvre la voie à des utilisations pratiques initialement insoupçonnables.*

Les communications présentées au cours de ces Journées, n'intéresseront pas moins ceux de nos lecteurs que préoccupent les problèmes pratiques variés relatifs aux propriétés superficielles des métaux. Nous ne pouvons toutefois que les renvoyer à la publication, qui en sera faite par la Commission Technique des Etats et Propriétés de surface des Métaux (1).

Mesdames,
Messieurs,

Les Doges de Venise ne devaient jamais sortir de la ville qu'ils gouvernaient. Les circonstances ayant amené l'un d'eux à se rendre à Versailles à la Cour de Louis XIV, comme on lui demandait ce qu'il admirait le plus dans cette ville alors à l'apogée de sa splendeur, il répondit : « C'est de m'y voir ! »

En assumant aujourd'hui la présidence de votre séance de clôture, j'aurais, comme ce Doge, envie de dire : « Ce qui m'étonne le plus ici, c'est de m'y voir. » Et voici pourquoi je dis cela : Quand, à l'issue de la première guerre mondiale, j'ai entrepris en 1919, les recherches de Physique théorique sur la théorie des quanta qui devaient m'amener à poser quatre ou cinq ans plus tard dans ma Thèse de Doctorat les premiers principes de la Mécanique Ondulatoire, j'étais extrêmement éloigné de toute idée d'applications techniques. Ayant beaucoup plus l'état d'esprit d'un pur théoricien que celui d'un expérimentateur ou d'un ingénieur, aimant particulièrement les vues générales et philosophiques, ce qui m'attirait vers les problèmes de la Physique atomique où règnent les quanta, c'étaient les difficultés conceptuelles que ces problèmes soulevaient, c'était le mystère dont m'entourait cette

(1) 41, avenue Hoche, Paris (8e).

fameuse constante de Planck, h, qui mesure le quantum d'Action, c'était le caractère troublant et mal défini de la dualité des ondes et des corpuscules qui paraissait s'affirmer de plus en plus dans beaucoup de domaines de la physique (notamment dans le domaine des rayons X que j'étudiais alors avec mon frère) sans qu'on pût alors en saisir exactement la portée, la signification profonde.

C'est à ces problèmes passionnants et difficiles que je cherchais à trouver quelque solution en faisant appel à tout l'arsenal de théories anciennes ou nouvelles de la physique mathématique, depuis l'optique géométrique et la mécanique analytique, jusqu'à la théorie de la Relativité et aux théories quantiques de Planck, Bohr ou Sommerfeld. Qui m'eut dit alors que des études aussi complètement et aussi volontairement abstraites, me donneraient, vingt-cinq ans plus tard, quelque titre pour présider une séance importante dans un congrès consacré à l'étude très concrète de l'état superficiel des corps, celui-là assurément m'aurait alors beaucoup étonné.

Et cependant, le phénomène de la diffraction des électrons et, dans une large mesure aussi les méthodes actuelles de l'optique électronique, se rattachent étroitement aux idées qui germaient alors dans mon esprit et qu'avec une hardiesse juvénile j'allais bientôt exposer dans ma thèse. Or, la diffraction des électrons et le microscope électronique constituent aujourd'hui deux des moyens les plus puissants dont nous disposions pour approfondir l'étude des états de surface. Et c'est pourquoi, tout en restant surpris de voir comment par l'enchaînement inattendu des progrès scientifiques, certaines techniques d'aujourd'hui peuvent, en un sens, être considérées comme découlant de mes recherches purement spéculatives d'autrefois, je ne me sens pas tout à fait indigne de l'honneur de présider la présente réunion.

Et si nous voulions tirer la morale de cette filiation des découvertes, nous aurions à insister sur ce fait que les progrès de la science pure, les efforts effectués dans les hautes sphères de la pensée scientifique, ont presque toujours plus ou moins rapidement des répercussions dans le domaine des applications et des techniques.

Dans son livre « La Science Moderne », Emile Picard écrivait, il y a longtemps déjà : « Les rêveurs scientifiques qui semblent perdus dans leurs spéculations, sont à leur manière, des hommes pratiques : l'application vient quelquefois par surcroît. » Et il ajoutait cet avertissement, utile à méditer : « La source de ces progrès tarirait bientôt si un esprit exclusivement utilitaire venait à dominer dans nos Sociétés trop préoccupées de jouissances immédiates. »

L'exemple des applications pratiques actuelles de la Mécanique ondulatoire, cette science qui à l'origine paraissait si abstraite, est certainement l'une des plus belles illustrations de la pensée du grand mathématicien.

*
* *

J'arrêterai ici ces considérations générales, et comme prologue aux intéressantes communications que vous allez entendre ce matin, je voudrais examiner rapidement pour quelle raison profonde les idées nouvelles de la Mécanique Ondulatoire, quand elles se furent montrées conformes aux faits, devaient nécessairement conduire à des moyens nouveaux et puissants pour l'étude des structures très petites de la matière, telles que celles qui font l'objet de vos préoccupations.

Vous connaissez les origines de la Mécanique Ondulatoire. Vers 1920, la Physique se trouvait dans une sorte d'impasse. D'une part les travaux de Fresnel, vieux de plus d'un siècle, nous avaient habitués à regarder la lumière comme formée d'ondes homogènes se propageant à travers l'espace et ces vues avaient été confirmées pendant tout le XIX[e] siècle par des expériences d'une étendue et d'une précision tout à fait remarquables, mais la découverte de l'effet photo-électrique venait de nous prouver que l'énergie lumineuse possède une structure granulaire entièrement méconnue par la conception ondulatoire de Fresnel et chaque jour nous fournissait des preuves nouvelles de cette constitution discontinue de la Lumière. Or, on n'apercevait aucun moyen de concilier cette structure granulaire de la Lumière avec la conception ondulatoire de Fresnel, conception qui s'appuyait, elle aussi, sur de solides preuves expérimentales.

D'autre part, les progrès de la Physique de la matière avaient montré avec un luxe de précisions sans cesse croissant, que la matière possède une structure corpusculaire et montré le rôle que jouent dans cette structure les « électrons » ou grains d'électricité négative. Mais on avait eu ensuite la surprise de constater que les corpuscules de matière, et les électrons en particulier, faisaient montre dans certains cas, notamment à l'intérieur des édifices atomiques, de propriétés paradoxales exprimées par la théorie des quanta et dont l'image classique du corpuscule ne pouvait rendre compte.

Vous savez quelle fut l'idée fondamentale que je fus amené, après de longues réflexions sur ces difficultés, à introduire en 1923 pour tenter d'y voir plus clair dans ces problèmes si obscurs, idée qui a été la base de cet édifice aujourd'hui si vaste et si complexe qu'est la Mécanique Ondulatoire. J'annonçais que, pour la lumière, comme pour la matière, il est toujours nécessaire de considérer simultanément, d'associer des ondes et des cor-

puscules de façon à obtenir une doctrine unique, synthétique, susceptible d'interpréter à la fois les aspects corpusculaires et ondulatoires que présentent les propriétés de la lumière et de la matière. Pour la lumière, cela allait assez bien, on obtenait ainsi tout de suite une synthèse de la théorie ondulatoire de Fresnel et Maxwell et de la nouvelle théorie corpusculaire du rayonnement, qu'Einstein avait développée en 1905, dite « théorie des photons ». Bien que la mise au point précise de cette synthèse ait été ensuite longue et difficile, pour des raisons que je ne peux développer, on sentait dès lors que l'on était sur la bonne voie. Pour la matière c'était bien différent, mes vues paraissaient plus hardies et hypothétiques, car l'expérience n'avait jusque-là permis de constater que l'aspect corpusculaire des éléments de la matière comme les électrons : la nature ondulatoire des électrons restait inconnue et si j'avais réussi à interpréter la quantification des mouvements électroniques dans les atomes comme un aspect de cette nature ondulatoire, on pouvait penser que c'était là une preuve encore bien indirecte et qui n'était pas encore très solide.

C'est la découverte en 1927, aux Etats-Unis, par MM. Davisson et Germer, de la diffraction des électrons par les cristaux, bientôt confirmée par de nombreuses recherches effectuées dans divers pays, qui a apporté une confirmation éclatante et complète de l'idée qui a servi de base à la mécanique ondulatoire. Elle a permis notamment de vérifier que la longueur d'onde de l'onde associée à un électron de quantité de mouvement p est donnée par la formule

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

démontrée à l'avance par la mécanique ondulatoire.

Je rappellerai aussi que des expériences ultérieures ont montré que les autres particules matérielles ; protons, noyaux d'atomes, etc., sont aussi associées à des ondes, conformément au schéma général de la Mécanique Ondulatoire, et peuvent donner lieu à des phénomènes de diffraction dont la formule $\lambda = \frac{h}{p}$ s'applique à des corpuscules autres que les électrons.

Et maintenant, pourquoi ces découvertes nouvelles étaient-elles susceptibles de nous fournir de nouveaux moyens pour étudier les structures matérielles très fines ? C'est qu'elles nous révélaient l'existence de nouveaux phénomènes de nature ondulatoire correspondant à de nouveaux type d'ondes inconnus jusqu'alors, les ondes des électrons par exemple. Or, c'est toujours à l'aide de phénomènes ondulatoires, que nous avons pu analyser les structures matérielles très fines et, comme je vais le rappeler, certaines limitations des procédés d'analyse jusqu'alors employés, tenaient à la nature des ondes utilisées et pouvaient se trouver écartées par l'emploi des ondes associées aux électrons (ou aux particules de matière).

La méthode la plus ancienne pour l'étude des structures matérielles très fines, a consisté dans l'emploi d'appareils donnant une image lumineuse agrandie de l'objet à examiner : loupe ou mieux microscopes. Mais il existe une limitation imposée par la nature des choses à ces agrandissements. La longueur d'onde des vibrations lumineuses est de l'ordre du demi-millième de millimètre ($0\mu,5$) pour le milieu du spectre visible, et l'on démontre dans la théorie classique du pouvoir séparateur qu'on ne peut jamais distinguer l'un de l autre deux points d'un objet, quand leur distance est sensiblement plus petite que la longueur d'onde. On peut gagner un peu en employant des objectifs à immersion, mais le gain est relativement faible. Ceci limite le grossissement des microscopes à au plus 2 ou 3.000 L'ultra-micorscope permet d'aller plus loin, mais avec ce dispositif on soupçonne les détails des objets plutôt qu'on ne les voit.

Pour aller vraiment plus loin, il faut employer des ondes de plus courte longueur d'onde. La découverte des rayons X qui ont des longueurs d'ondes plus petites que celles de la lumière pouvait paraître, au premier abord, nous fournir un moyen d'étudier plus en détail les structures très petites. Ici, les longueurs d'onde vont de 10^{-7} à 10^{-9} cm. ; elles sont mille fois plus petites que celles de la lumière. Mais une grande difficulté se présente avec les rayons X, on ne peut pas construire d'instruments d'optique parce que tous les milieux ont sensiblement pour les rayons X, un indice de réfraction égal à l'unité, alors que la construction d'un instrument d'optique implique toujours la juxtaposition de milieux d'indices sensiblement différents de 1. Donc, on ne peut pas construire de microscopes à rayons X.

Heureusement il y a le phénomène de la diffraction des rayons X par les milieux cristallisés. Dans les corps partiellement ou totalement cristallisés, la distribution des centres matériels dans le cristal présente une grande régularité et les interdistances de ces centres sont de l'ordre de 10^{-8} cm., c'est-à-dire de l'ordre des longueurs d'onde des rayons X. Les corps cristallisés jouent donc le rôle de réseau à trois dimensions pour les rayons X et un faisceau de rayons X frappant un cristal, éprouve un phénomène de diffraction analogue à celui qu'éprouve la lumière tombant sur un réseau optique ordinaire, mais plus compliqué parce qu'ici le réseau est à trois dimensions.

Les figures de diffraction obtenues avec les

rayons X, permettent de déduire quelle est la structure du milieu qui a provoqué la diffraction. Cette méthode a permis, non seulement l'étude des structures cristallines proprement dites, mais aussi celle des structures superficielles et des couches minces, par exemple de corps gras.

De nombreux résultats, souvent précieux pour la technique (propriétés lubrifiantes des corps gras) ont été obtenus de cette façon. On connaît notamment les beaux travaux effectués en France sur ce sujet par M. J.-J. Trillat et son Ecole.

Cependant, la méthode d'étude des structures matérielles fines par la diffraction des Rayons X, présente quelques inconvénients. Les rayons X étant très pénétrants, elle est surtout bien adaptés à l'étude des couches profondes, des structures de masse. Les états superficiels proprement dits lui échappent souvent. De plus, la diffraction des rayons X ne permet pas de voir les structures, mais seulement de les déduire, à l'aide de considérations théoriques, à partir des apparences de diffractions observées et cette déduction un peu indirecte est parfois difficile ou incertaine et conduit à des résultats qui ne sont pas univoques.

La découverte d'autres méthodes, mieux adaptées à l'étude des états de surface, permettant de voir directement les structures, restait donc éminemment souhaitable. L'utilisation des propriétés ondulatoires des électrons allait fournir ces méthodes nouvelles.

Tout d'abord, la diffraction des électrons par les cristaux est un phénomène tout à fait analogue à la diffraction des rayons X par les cristaux. En effet, dans les conditions usuelles de leur obtention, les faisceaux d'électrons que l'on obtient en accélérant des électrons par une différence de potentiel correspondent à des longueurs d'onde associées qui sont aussi de l'ordre de 10^{-7} à 10^{-9} cm., c'est-à-dire du même ordre de grandeur que les longueurs d'onde des rayons X. Or, c'est le rapport de la longueur d'onde aux distances entre les centres du cristal, qui règle la diffraction dans le cristal, par conséquent les phénomènes observables avec les électrons présenteront une grande analogie avec les phénomènes observables avec les rayons X. Evidemment, l'onde des rayons X est une onde électromagnétique liée à des photons, tandis que l'onde associée des électrons n'a pas les mêmes caractères (c'est là une question difficile sur laquelle on commence à voir aujourd'hui beaucoup plus clair qu'il y a quelques années) ; mais cette différence de nature n'empêche pas l'analogie complète des phénomènes de diffraction.

Il y a cependant une différence, qui nous intéresse particulièrement ici, entre les deux sortes de phénomènes. Les électrons pénètrent dans la matière beaucoup moins facilement que les rayons X et, par suite, leur diffraction par une matière cristallisée a très souvent lieu principalement dans les couches superficielles, ou même par les centres situés sur la surface même. C'est pourquoi, au début des études sur la diffraction des électrons, on avait observé avec une certaine surprise, des phénomènes de diffraction correspondant à un réseau à deux dimensions, à un réseau purement superficiel. On comprend tout de suite que cette circonstance est particulièrement favorable pour l'étude des états de surface et elle explique pourquoi la diffraction des électrons est devenue en cette matière une méthode d'investigation tout à fait importante.

Vous allez entendre, ce matin, quelques communications lues ou transmises à ce sujet par d'éminents spécialistes, et vous pourrez en apprécier l'intérêt. Ici aussi, nous pouvons rappeler les travaux de M. Trillat et de son école.

Mais la diffraction des électrons, pas plus que celle des rayons X, ne permet de voir les états superficiels et ici encore la déduction des structures est indirecte.

Il n'en est pas de même du miscroscope électronique, car pour les ondes associées aux électrons, contrairement à ce qui se passe pour les rayons X, on peut construire des instruments d'optique. En effet, dans une région de l'espace où règnent des champs électriques ou des champs magnétiques, la trajectoire d'un électron s'incurve exactement comme le fait un rayon de lumière, c'est-à-dire la trajectoire d'un photon dans un milieu réfringent non homogène. La mécanique ondulatoire montre que la région de l'espace où règnent les champs joue pour l'onde associée à un électron le même rôle qu'un milieu réfringent à indice variable pour une onde lumineuse. Une combinaison appropriée de champs électriques et magnétiques est donc susceptible de faire converger plus ou moins exactement en un point les électrons émis par une source ponctuelle. On peut donc obtenir ainsi avec les électrons une image plus ou moins parfaite d'un objet qui émet ou qui diffuse des électrons.

Assurément, l'image électronique obtenue n'est pas directement visible par notre œil, mais elle peut provoquer la fluorescence d'un écran ou impressionner une plaque photographique, de sorte qu'à l'aide de ces artifices simples, on peut finalement la voir. Le microscope électronique en fournissant des images agrandies nous permet donc de voir directement les structures très petites.

Le grand intérêt du microscope électronique est qu'il permet des grossissements beaucoup plus forts que le microscope optique. La longueur d'onde des électrons, dans les conditions usuelles de leur emploi, est, en effet de l'ordre des longueurs

d'onde des rayons X, c'est-à-dire 1.000 fois plus petite que la longueur d'onde de la lumière et la théorie du pouvoir séparateur, toujours applicable comme en optique, nous apprend donc que le pouvoir séparateur du microscope à électrons, est beaucoup plus grand que celui du microscope ordinaire : d'où la possibilité de grossissements beaucoup plus forts. Au lieu des grossissements au maximum de 2 à 3.000 fois, on parvient à grossir 15.000, 20.000, même 50.000 fois et l'on parviendra peut-être à un grossissement de 100.000. Et ce n'est pas tout, il est possible que l'on puisse aller plus loin, car ceci est obtenu avec les électrons. En utilisant des particules plus lourdes que les électrons (des protons par exemple), on obtiendra pour une énergie donnée des longueurs d'ondes plus courtes encore (comme le montre la formule $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\,v}$) et par suite, de plus grands pouvoirs séparateurs allant peut-être jusqu'à 300.000.

M. le Professeur Dupouy vous a exposé les magnifiques résultats qu'il a obtenus avec son microscope électronique à champ magnétique. D'autres réalisations du même genre sont à l'étude en France. A l'étranger, l'optique électronique a déjà pris dans certains pays, un développement beaucoup plus grand, mais nous espérons rattraper le temps perdu. Elle nous a déjà apporté de véritables révélations en ce qui concerne les états de surface et aussi les microorganismes. C'est un instrument merveilleux dont il n'est pas possible d'imaginer encore tout ce qu'il nous apprendra. Pour les investigations des états de surface, il paraît certain qu'il sera une arme très précieuse.

Mais j'ai, je le crains, fatigué votre attention par trop de vagues généralités et vous avez hâte, maintenant, d'entendre des communications plus techniques contenant des renseignements précis.

Louis de Broglie,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

L'HOMME DEVANT LA BIOLOGIE [1]

Il existe à la surface de la terre une multitude d'objets, qui sont les êtres vivants. Tout petits à comparaison du globe qui les supporte, puisque leurs dimensions extrêmes se tiennent entre quelques mètres et quelques millièmes de millimètre, tous — des microbes aux chênes, des infusoires aux baleines, — ils s'opposent à leurs entours par des propriétés singulières qui leur sont communes : ils assimilent, c'est-à-dire qu'ils construisent leur propre substance aux dépens de matériaux étrangers qu'ils se rendent semblables ; ils croissent ; ils se reproduisent ; ils répondent aux excitations.

Deux grands règnes se partagent ce monde de la vie : celui des plantes, celui des bêtes. Chacun d'eux, prodigieusement diversifié, comprend des centaines de milliers de types distincts, ou *espèces*, d'organisation plus ou moins complexe. Les plantes, elles, n'ont pas de roi ; les bêtes en ont un. Dans le règne animal, en effet, un être domine incontestablement sur tous les autres par sa précellence intellectuelle. Lui seul, qui pense et qui parle, a la faculté de réfléchir, le besoin de s'interroger, le souci de connaître ce qui l'environne et lui-même. C'est l'Homme.

Il y a environ deux milliards de ces animaux-rois à la surface de la terre. Loin qu'ils se ressemblent tous, ils présentent entre eux une remarquable diversité qui permet qu'on les distribue en un certain nombre de groupes plus ou moins homogènes, séparés par des caractères fixes et indépendants des conditions externes. Ces différences ne portent d'ailleurs que sur des caractères relativement accessoires : les plus lointains et dissemblables des humains — soit un grand Norvégien et un pygmée de la forêt équatoriale — possèdent la même organisation interne, et, à peu de chose près, la même structure osseuse, musculaire, vasculaire, nerveuse, etc. En outre — et ceci est fort important —, un homme et une femme respectivement choisis dans les groupes les plus éloignés peuvent toujours former un couple fertile, à condition, bien entendu, qu'ils soient l'un et l'autre normalement constitués. Qui plus est, leurs produits, ou *métis*, seront eux-mêmes aptes à reproduire : ainsi, le fils d'un blanc et d'une négresse *(mulâtre)* n'est point stérile, comme l'est, par exemple, le mulet, produit de deux espèces différentes, cheval et âne. Comme disait déjà Buffon, « le blanc, le lapon et le nègre, si dissemblants entre eux, peuvent cependant s'unir et propager en commun la grande et unique famille de notre genre humain ».

Arguant de cette interfécondité qui, quoi qu'on ait pu dire, est sans réserves, et aussi de la similitude fondamentale d'organisation, on admet que tous les Hommes de la terre appartiennent à une seule et même espèce. Quant aux groupes humains que distinguent des caractères constants et héréditaires, on leur donne le nom de *races*.

(1) Extrait d'une conférence au Palais de la Découverte (novembre 1945).

Voilà donc un premier trait essentiel de l'espèce humaine : son irréfragable unité. Tous les hommes, pour différents qu'ils puissent être, méritent la même appellation zoologique ; aux yeux de ceux qui se sont fixé pour tâche de classer et de dénommer les types vivants, ils sont tous, sans exception, des *Homo sapiens*.

Pourquoi *Homo sapiens* ?

Nul n'ignore qu'en vue de désigner chaque espèce animale, on a adopté, depuis Charles Linné, une nomenclature dite *binaire*, qui utilise l'association de deux mots, l'un substantif, correspondant au *genre* de l'être, l'autre, adjectif ou substantif employé adjectivement, correspondant à l'*espèce*. Dans le cas de l'Homme, *Homo* dénomme le genre, *sapiens* caractérise l'espèce.

Groupe intermédiaire entre l'espèce et la famille, le genre comprend généralement plusieurs espèces : ainsi, le genre *Canis*, ou genre Chien, comprend le *Canis familiaris*, qui est le Chien proprement dit, le *Canis lupus*, qui est le loup, le *Canis vulpes*, qui est le renard, etc. Mais, à la différence du genre *Canis*, le genre *Homo* ne comprend qu'une seule espèce, la nôtre. Il n'existe point d'*Homo* qui ne soit *sapiens* ; en somme, l'espèce humaine se confond avec le genre humain, tandis que l'espèce Chien ne se confond pas avec le genre Chien.

Cela n'est vrai, du reste, que dans les limites du présent, car il exista jadis des Hommes fort différents de nous, des *Homo* qui n'étaient pas *sapiens*, en sorte qu'à compter depuis son origine, le genre *Homo*, lui aussi, a, suivant la règle commune, compris plusieurs espèces bien distinctes.

L'espèce humaine est passablement isolée dans le règne animal. Suffisamment isolée pour former à elle seule une famille tout entière, celle des *Hominiens*. Dépourvue de voisins immédiats, elle ne peut se croiser avec aucune autre espèce vivante. On ne saurait d'ailleurs en conclure à une franche coupure, à un véritable hiatus entre l'Homme et le reste de l'animalité, dès lors que, par la forme et l'organisation tout au moins, il se range manifestement dans l'ordre des Primates, non loin des grands Singes — Gorille, Orang-outan, Chimpanzé —, dont le nom même d'Anthropoïdes consacre une ressemblance pour nous médiocrement flatteuse.

Gardant d'insister sur une affinité dont l'évidence s'impose à quiconque a regardé un Orang ou un Chimpanzé dans un parc zoologique, bornons-nous à signaler quelques traits de similitude plus discrets.

Les cellules reproductrices du mâle (spermatozoïdes) sont extrêmement semblables chez l'Homme et le grand Singe, et de même les *chromosomes*, particules microscopiques qui se trouvent dans le noyau de toutes les cellules et constituent la base matérielle de l'hérédité. Chez l'Homme et le grand Singe, même nombre de ces chromosomes — 48, distribués en 24 paires —, et aussi même temps de gestation, même périodicité menstruelle, même mode d'implantation de l'œuf, même type de placentation, même poids du nouveau-né ou à peu près.

La parenté sanguine mérite également d'être rappelée. On sait qu'il existe chez l'Homme des « groupes de sangs », et qu'il est généralement dangereux de pratiquer l'échange du sang entre sujets n'appartenant pas au même groupe. Or, on retrouve chez les grands Singes la même différenciation sanguine, et précisément le regretté Professeur Troisier a pu, en tenant compte des compatibilités de groupe, transfuser, sans produire le moindre accident, du sang de Chimpanzé dans les veines d'un homme.

Une conséquence de cette parenté sanguine, et, plus généralement, de la parenté humorale entre l'Homme et le grand Singe, c'est qu'ils sont susceptibles de contracter les mêmes maladies, spontanées ou expérimentales. Comme nous, le grand Singe peut avoir le choléra, la dysenterie, la variole, la rougeole, la scarlatine, la poliomyélite, la grippe, la tuberculose, la syphilis, etc.

Il peut même avoir la goutte, car, alors que, chez tous les Mammifères, la transformation des bases puriques se poursuit jusqu'au stade de l'allantoïne soluble, chez le grand Singe comme chez l'Homme, elle s'arrête au stade de l'acide urique insoluble.

Nous citerons enfin un curieux point de ressemblance qui concerne les facultés sensorielles. Il existe une substance chimique, la *phénylthiocarbamide*, dont certains hommes seulement sont aptes à percevoir la saveur amère ; aux autres, elle paraît totalement insipide. A cet égard, l'humanité se partage en « goûteurs » et en « non-goûteurs ». Or, on a constaté que, chez le grand Singe lui aussi, les individus diffèrent par leur sensibilité gustative à l'égard de la phénylthiocarbamide. Comme chez nous, il y a des « goûteurs » et des « non-goûteurs » ; il y a des Chimpanzés qui font la grimace quand on leur met sur la langue un cristal de cette substance, alors que d'autres Chimpanzés ne la font pas...

Tant de similitude entre l'Homme et le grand Singe ne doit certes pas nous faire oublier de sérieuses dissemblances. La plus importante est celle qui porte sur le cerveau. Si l'organe cérébral de l'Homme et celui du grand Singe sont essentiellement construits sur le même modèle, s'il n'est aucune partie chez l'un qui ne se retrouve chez l'autre, en revanche, les proportions des parties sont différentes, et la masse totale de l'organe est

beaucoup plus considérable chez l'Homme que chez le grand Singe : 1.500 grammes environ, au lieu de 620 chez le Gorille.

Il convient de noter, au demeurant, que, chez certains idiots, le cerveau peut n'être pas plus pesant que chez l'Anthropoïde : 560 grammes chez le nommé Joë, étudié par le Professeur Cunningham. Ce Joë, qui vécut jusqu'à l'âge de soixante ans, était gardeur de moutons. Son intelligence, on s'en doute, était loin d'être brillante, et, bien qu'il sût clairement parler, on l'embarrassait grandement, paraît-il, en lui demandant combien d'années il y a dans une semaine.



Quelle est l'origine de l'Homme ? D'où vient ce singulier bipède à lourd cerveau ? Animal sans doute bien séparé de tous les autres, mais trop proche toutefois de certains d'entre eux pour qu'on puisse décemment suspecter la communauté de leur origine. Il nous faut bien admettre que, conformément à la thèse transformiste, aujourd'hui démontrée sans équivoque, l'Homme dérive d'une forme inférieure à lui, qui elle-même dérivait d'une forme inférieure à elle, et ainsi de suite en remontant le cours des temps, jusqu'à ce que nous rejoignions les premiers grumeaux de protoplasme, principes de tout le règne vivant. Sur le bout le plus lointain de la chaîne vitale, celui qui confine à la matière inerte, nous devons nous satisfaire de vagues conjectures, mais, depuis ces premiers êtres jusqu'à l'Homme, nous pouvons imaginer assez raisonnablement une évolution progressive, telle que la figure par exemple l'arbre généalogique du règne animal qu'a établi le Professeur Cuénot. Bien qu'en ces matières d'arboriculture zoologique, on n'ose se croire en possession d'un savoir définitif, on ne souscrira quand même pas au scepticisme d'un Georges Duhamel qui estime, dans sa *Biographie des fantômes*, que la phylogénie du Palais de la Découverte est appelée à rejoindre l'Arche de Noé dans les musées de l'avenir.

En tout cas, nous sommes relativement bien renseignés sur le bout supérieur de la chaîne vitale, celui qui touche à notre espèce, car les trouvailles paléontologiques de ces dernières années nous ont livré de quoi reconstituer de façon convenable le passage de la bête à l'Homme.

Les aïeux avouables de l'Homme ne remontent pas très loin : fin du quaternaire, quelques dizaines de milliers d'années. Auparavant, c'était la plèbe, la roture humaine : Hommes déjà qui savaient allumer le feu et tailler la pierre, mais Hommes qui n'étaient pas encore des *Homo sapiens*, Hommes au front bas, au faciès bestial, Hommes que nous n'aimerions pas à rencontrer un soir sur notre route. Si nous remontons un peu plus haut, que trouvons-nous ? Des êtres équivoques — Sinanthropes ou Pithécanthropes — qui ne sont déjà plus des Hommes et qui pourtant ne sont plus tout à fait des bêtes, des êtres que nous hésitons à classer et à nommer, tant ils figurent exactement le type transitionnel, le fameux « missing link » que les adversaires du transformisme avaient mis la science au défi de jamais exhumer. Enfin, plus haut encore, ce sont de vrais et francs animaux, d'authentiques Singes, dont nous ferions sans scrupule notre gibier, notre nourriture, et sans nous adresser pour cela le moindre reproche d'anthropophagie. Voilà d'où part notre lignée ; qu'on le veuille ou non, elle plonge dans le terreau animal.

Souvent l'on discute sur le point de savoir si l'Homme descend du Singe. Il est clair que l'Homme ne descend pas des grands Singes qui nous sont contemporains : Chimpanzé, Gorille, Orang-outan. De ceux-là, qui eux aussi dérivent de formes disparues, nous sommes les cousins germains ; mais il est également clair que nous descendons d'un animal que nous classerions, s'il vivait, dans le groupe des Singes. Car cet animal ancêtre, cet animal préhumain, devait ressembler beaucoup à l'Homme ; et qu'est-ce qu'un animal ressemblant beaucoup à l'Homme si ce n'est un Singe ?

En bref, l'Homme, si l'on veut, ne descend pas *du* Singe, mais *d'un* Singe ; et cette petite nuance entre l'article déterminé et l'indéterminé ne mérite certainement pas les discussions passionnées dont elle fut le prétexte.

L'origine animale de l'Homme ne se lit pas seulement dans les couches terrestres, elle se lit aussi, directement, dans l'organisme humain, où l'anatomiste découvre non sans surprise, au milieu de tant d'organes ayant tous leur utilité sinon leur nécessité, certains organes atrophiés, manifestement dénués de tout usage.

C'est ainsi que nous possédons des rudiments de muscles correspondant au pavillon de l'oreille, lequel est cependant immobile du moins chez la plupart d'entre nous ; et aussi des rudiments de muscles correspondant aux vertèbres terminales de la colonne vertébrale, au coccyx, — bien que notre coccyx ne jouisse d'aucune mobilité. N'est-il pas plausible de supposer que ces rudiments sont des vestiges de muscles ayant joué un rôle actif, fonctionnel, chez tel ou tel de nos aïeux ? Apparemment que nous comptons dans notre ascendance des animaux qui avaient les oreilles mobiles et une queue plus ou moins flexible. De même on peut présumer que le repli semi-lunaire, situé dans l'angle interne de l'œil, est le reste d'une troisième paupière ; que l'épiphyse, ou glande pinéale, est le reliquat d'un troisième œil, etc.

Quelles sont les modifications ayant amené le

passage de l'animal préhumain à l'animal humain, et proprement responsables de l'*hominisation*, pour employer un terme de M. Edouard Le Roy ?

Encore que le grand Singe actuel, nous l'avons déjà dit, ne représente pas le véritable ancêtre de notre espèce, on est, dans une certaine mesure, fondé à voir en lui un rappel plus ou moins grossier de ce que fut le stade préhumain. Or, si nous confrontons, du point de vue morphologique et biologique, l'Homme et le grand Singe, un premier trait, tout aussitôt, nous frappe : c'est que l'Homme est un « ralenti de développement », un « retardé génital » comme dit le Dr Devaux (1). Par exemple, il n'a toutes ses dents de lait qu'à deux ans et demi, alors que le grand Singe a toutes les siennes dès la fin de la première année ; il n'a ses premières molaires qu'à six ans, le grand Singe a les siennes à deux ans ; il est pubère à treize ou quatorze ans, le grand Singe à sept, etc. De même, les os du crâne, chez l'Homme, achèvent leur soudure beaucoup plus tard que chez le grand Singe.

Un tel ralentissement du développement pourrait tenir, au moins en partie, à des modifications de l'équilibre hormonal. Aussi l'on supposera volontiers que certaines des mutations (ou, pour rester prudemment dans le vague, certains des changements impliqués par l'hominisation) ont affecté les glandes à sécrétion interne. Ce retard dans l'évolution individuelle aurait pu, à lui seul, entraîner de grandes conséquences : le retard de la puberté aurait déterminé une réduction du larynx, elle-même en rapport avec la souplesse vocale et l'acquisition du langage articulé ; le retard de l'ossification cranienne aurait favorisé l'accroissement du volume cérébral. Mais on peut pousser beaucoup plus loin cette hypothèse du retard, source de progrès, et se demander s'il n'y a pas une étroite relation entre la paresse du développement humain et le fait, des plus remarquables, que l'Homme ressemble au fœtus du grand Singe beaucoup plus qu'il ne ressemble au grand Singe parvenu à l'état adulte.

De vrai, nombre de traits propres à notre espèce, à notre genre, à notre famille — et dont certains sont étroitement liés à ce qui en fait la supériorité — n'apparaissent chez le grand Singe que d'une façon transitoire, au stade fœtal : grosseur du cerveau relativement à la masse du corps, étendue du lobe frontal par rapport au reste du manteau cérébral, platitude de la face, flexion cranienne, position du trou cranien *(foramen magnum)*, teinte claire de la peau, absence de grosses crêtes sourcilières, pilosité réduite, etc.

En possession de ces faits, l'anatomiste Bolk a formulé, voici déjà maintes années, la théorie assez inattendue de la « fœtalisation », d'après laquelle l'Homme devrait être considéré sous bien des rapports comme un Singe demeuré à l'état fœtal, ayant grandi sous cette forme et acquis l'aptitude à se reproduire.

« Tout se passerait — dit le Professeur Cuénot, qui lui-même ne refuse point l'interprétation et même y incline — comme si l'Homme dérivait, non pas de l'évolution graduelle et difficilement concevable d'une espèce simienne, mais d'un changement brusque dans l'évolution d'un fœtus, aboutissant à la naissance d'un préhomme (1). »

Que faut-il penser de cette hypothèse qui, rapportant la naissance de l'Homme à une fœtalisation de l'ancêtre simien, *explique paradoxalement le progrès phylogénétique par l'arriération ontogénétique* ?

De prime abord, elle paraît un peu baroque et déconcertante ; mais on ne saurait lui refuser une assez grande crédibilité dès lors que l'on connaît bien d'autres cas où le descendant — c'est-à-dire le supérieur dans la hiérarchie organique — rappelle la forme embryonnaire ou larvaire de l'ancêtre présumé, et où, par suite, on est porté à identifier le progrès évolutif avec la persistance de caractères juvéniles dans l'âge adulte. C'est ainsi que les Appendiculaires rappellent le têtard caudé des Ascidies, que les Rotifères rappellent la larve trochophore des Annélides, que les Batraciens pérennibranches rappellent les larves d'Urodèles, etc...

Le cas de l'Homme ne serait donc nullement isolé ; la fœtalisation humaine rentrerait dans le cadre d'un processus général qui paraît avoir été souvent à l'œuvre dans l'évolution des êtres vivants (*néoténie* de Kollmann, ou *pædomorphose* de Garstang).

Ce processus de pædomorphose paraît contredire à la fameuse loi dite de « récapitulation », ou « loi biogénétique fondamentale », d'après laquelle l'individu reproduit en abrégé toute l'histoire évolutive de la lignée. Mais il est maintenant admis qu'il n'y a point récapitulation vraie, mais seulement répétition, par hérédité, des caractères de l'ancêtre. Or, cette répétition ne se produit pas nécessairement chez le descendant au même stade de l'ontogenèse ; elle peut être décalée plus ou moins fortement dans le temps, se produire avec quelque avance ou avec quelque retard, suivant que se précipitent ou se ralentissent les réactions biochimiques qui conditionnent l'apparition des caractères en question. Si le caractère ancestral apparaît *plus tôt* chez le descendant, l'embryon ou la forme jeune du descendant ressemble à la forme adulte de l'ancêtre ; en ce cas et en ce cas seulement,

(1) Voir *Trois problèmes : l'espèce, l'instinct, l'homme*. Legrand, 1933.

(1) *Revue Scientifique*, 1943.

la loi de récapitulation paraît s'appliquer. Au rebours, si le caractère ancestral apparaît *plus tard*, c'est l'adulte du descendant qui ressemble à l'embryon ou à la forme jeune de l'ancêtre, et l'on tombe dans le cas, précédemment envisagé, de la pædomorphose.

Qu'un tel processus de retard ait joué un rôle considérable dans l'évolution, c'est ce qu'admettent présentement un bon nombre de biologistes. La pædomorphose serait la principale responsable des variations de grande amplitude, l'artisane des bonds novateurs. D'après le biologiste anglais G.-R. de Beer, qui a consacré à ces questions un petit volume d'une lecture un peu difficile, mais d'une rare pénétration (1), c'est à la pædomorphose qu'on doit imputer l'établissement des grandes divisions du règne animal, la genèse des « clades », autrement dit l'évolution à grande échelle. L'évolution de toute lignée organique serait marquée par l'alternance de périodes à manifestations contraires : périodes de pædomorphose, comportant une dédifférenciation et une déspécialisation structurales, un retour aux traits généralisés et primitifs ; périodes de gérontomorphose, caractérisées par le processus inverse. La pædomorphose rajeunirait la lignée, la gérontomorphose la vieillirait ; c'est la pædomorphose qui, de temps à autre, assurerait le renouvellement du « potentiel évolutif », empêchant ainsi le « vieillissement du monde vivant », pour parler comme M. Decugis.

(1) *Embryologie et Evolution*, trad. par Jean ROSTAND, Legrand, 1933.

S'il est bien vrai, d'une part, que la pædomorphose soit une artisane essentielle du changement évolutif, et si, d'autre part, l'évolution n'est point encore parvenue à son terme, nous pouvons dans une certaine mesure prévoir, par l'examen des embryons actuels, quelques-uns des aspects futurs du monde animal. L'embryologie, qui parfois nous éclaire sur le passé de la vie, pourrait aussi nous renseigner sur son avenir : le « jeune » serait anticipateur, prophétique (1). Pour en revenir à l'Homme, on supposera volontiers qu'un progrès de notre espèce — une *surhumanisation* — doive comporter une accentuation du caractère fœtal de l'adulte, une « surfœtalisation ».

Du point de vue philosophique, c'est à coup sûr chose bien suggestive que de voir le retard de développement, et, en somme, l'*arriération organique, se mettre au service du progrès*. Pour ma part, je ne serais pas surpris que cette notion de pædomorphose, encore peu connue des profanes, trouvât d'intéressantes applications en dehors même du champ de la biologie. Est-ce que, dans l'histoire de la pensée, de l'art ou de la technique, on ne discernerait pas aussi des périodes de gérontomorphose et de pædomorphose, c'est-à-dire des périodes de spécialisation, d'alourdissement, de complication, et des périodes de simplification, d'allègement, de retour aux origines ?

JEAN ROSTAND.

(1) Voir GAUSSEN. Jeunesse et Evolution. *Revue Générale des Sciences*, 1937.

LES CRISES DE L'UNITÉ DANS LA MATHÉMATIQUE

1. A l'origine, dans la Mathématique, apparaît surtout le résultat de tentatives visant à unifier les procédés de mesure, et en particulier à ramener les évaluations d'aires et de volumes à des évaluations de longueurs. Tout cela s'exprimait en nombres, d'après des règles permanentes, et, dès la période pythagoricienne, on comprit qu'entre figures et nombres, au moins dans les cas simples, doit s'exercer une solidarité étroite. Cette solidarité, on se la représenta d'abord en concédant aux entiers un rôle exclusif. Et cela parut admissible jusqu'au jour où se révéla l'incommensurabilité de la diagonale du carré à son côté. Il fallait sortir de l'impasse. Graduant progressivement le trajet continu de la ligne droite, on situa relativement à lui les entiers et ces couples d'entiers qui sont les fractions. Et l'on se mit, plus ou moins nettement, à concevoir ce que nous appelons aujourd'hui l'*incrustation des nombres rationnels dans le continu linéaire*, suivant une loi dont nous disons qu'elle est *dense partout*. De ce caractère très subtil, Eudoxe et Euclide savaient déjà faire usage pour conférer à certaines relations de proportionnalité entre segments, toute la généralité possible. On vit ainsi pactiser d'assez bonne heure les éléments divers (entiers, continu linéaire) sollicités dans l'Algèbre géométrique.

2. Une première crise de l'unité était donc apaisée. La recherche pouvait se développer sans rencontrer d'autres obstacles que la difficulté technique des problèmes. L'embarras créé par leur diversité, dans le champ de la géométrie, y fit requérir l'algèbre des Orientaux, dont l'efficacité s'était affirmée déjà, par devant la dispersion apparente des problèmes de l'arithmétique appliquée. Un nouveau courant, à partir de l'œuvre de Descartes, vient apporter une impulsion nouvelle vers l'unité

de la mathématique. L'analyse infinitésimale se constitue en corps de doctrine et prend rapidement un rang éminent par son aptitude à coordonner des classes étendues de phénomènes, en astronomie, en optique, en théorie de la chaleur.

Par ailleurs, les efforts déployés pour élargir le domaine des nombres, et débarrasser l'algèbre de barrières factices, la rapprochent de la géométrie. Le caractère parfaitement cohérent de la théorie des nombres complexes, longtemps dénommés *quantités imaginaires*, n'apparaît hors d'atteinte qu'au début du XIXe siècle, quand Wessel et Argand en produisent la représentation géométrique enseignée depuis lors.

En somme, chaque réussite dans l'unification a donné un élan marqué aux recherches mathématiques. C'est ainsi que le support du plan complexe s'est révélé d'une fécondité incomparable.

3. Mais à peine ce levier de commande est-il assuré, que voici de nouveau l'unité menacée : Bolyai et Lobatchefsky viennent de construire, en modifiant l'axiome des parallèles, une géométrie dans laquelle la somme des angles d'un triangle est moindre que deux droits. Petit à petit va se faire jour *la pluralité des géométries*, ou plus généralement au début du présent siècle, grâce à l'œuvre de David Hilbert, celle des *systèmes hypothético-déductifs*. Et cependant, l'unité n'est pas complètement rompue, car la géométrie de Lobatchefsky, par exemple, exprime (et c'est là pour elle une garantie de non-contradiction) des propriétés imputables à certaines figures de l'espace euclidien. Autrement dit, entre divers systèmes hypothético-déductifs, édifices en apparence séparés, une étude attentive révélerait comme un réseau de fils souterrains, permettant au sein de l'un d'eux, de faire jaillir par illumination partielle, l'image de l'un des autres.

Cette possibilité constitue l'*unicohérence*. A vrai dire, même en géométrie, le réseau plus ou moins étendu des connexions correspondantes n'est encore que partiellement connu. Entre autres travaux récents, la thèse de M. Octave Galvani a contribué à l'élargir.

4. A côté du caractère de connexité que nous venons de rencontrer, il y a d'autres traits communs à la structure des systèmes hypothético-déductifs, en vertu desquels on peut s'initier aux uns et aux autres avec l'appui d'une certaine unité de méthode.

A partir du moment où l'on prend intérêt à un théorème, l'attention se tourne vers la conclusion qu'il prétend établir. On voit se présenter deux questions :

1° Trouver un système hypothético-déductif (S) aussi simple que possible et dans lequel le théorème soit vrai ;

2° Définir en extension la collection des objets auxquels s'applique la propriété formulée par la conclusion du théorème, autrement dit, la collection des objets pour lesquels le théorème est vrai.

Ce sont là deux buts étroitement liés. En effet, la présence dans les prémisses de (S) et dans les hypothèses de l'énoncé de quelque supposition sans influence sur l'exactitude de cet énoncé (hypothèse accessoire) délimite d'une manière factice la collection des objets pour lesquels le théorème est vrai.

Nous partirons, pour notre commodité, de la seconde des questions ci-dessus, et la préciserons en considérant un champ de prémisses fixé à l'avance. Soit dans ce champ une proposition ayant toujours un sens et, à ce titre, pouvant être déclarée vraie ou fausse quand on l'applique aux objets d'une classe [X], dont la notion fait partie intégrante des prémisses.

Appelons *modification* toute opération appartenant à une catégorie elle-même assignée, de manière que, O_1 étant un objet arbitraire de la classe [X], on sache d'avance quel objet O_2 de la classe [X] va lui correspondre par cette opération. Si à deux O_1 distincts, correspondent toujours deux O_2 distincts, nous dirons qu'il s'agit d'une *correspondance biunivoque* : plaçons-nous dans ce cas. A un O_1 ne répond donc qu'un seul O_2 et inversement. Dans les conditions précédentes, la modification envisagée peut être concrétisée par l'un des couples (O_1, O_2) choisi *ad libitum*. Pour faciliter le langage, disons encore que, dans ce couple, O_1 représente l'élément antécédent et O_2 l'élément conséquent. On pourra maintenant définir la *résultante de deux modifications* : il suffit à cet effet de retenir l'élément conséquent du couple adopté pour représenter la première et de le choisir pour élément antécédent du couple adopté pour représenter la seconde. Avec autant de facilité, on pourra passer d'une de nos modifications à la modification inverse.

Cela posé, cherchons à concevoir en extension les objets qui, dans la classe [X], satisfont au théorème étudié. La *famille* des modifications permettant de passer d'un de ces objets à un autre, présente deux caractères éminents. Elle contient :

avec une modification, la modification inverse ;
avec deux modifications, leurs résultante.

Par définition, on donne à une telle famille le nom de *groupe*. Ce que nous venons de constater, sous réserve des restrictions indiquées, c'est la possibilité d'*attacher un groupe à une proposition*, groupe qui serait sensible à un changement de la catégorie où sont prises les modifications envisa-

gées, aussi bien qu'à un changement des prémisses de la théorie.

5. Ces remarques font comprendre le rôle universel et nécessaire de la notion de groupe dans les théories mathématiques. Par elle, nous pressentons, dans ces théories, une certaine unité de structure. Cette unité est tangible, car c'est là un fait aujourd'hui banal, on rencontre les groupes à la base des questions les plus diverses, qu'il s'agisse par exemple de la résolution algébrique des équations, des nombres hypercomplexes, de l'intégration logique des équations différentielles, ou enfin, de géométrie élémentaire ou de géométrie infinitésimale dans le système euclidien ou dans d'autres systèmes, comme celui de Lobatchefsky.

Il va sans dire, qu'avec l'idée de groupe vont de pair celles d'opération et de correspondance. Ces idées jouent un rôle de plus en plus actif dans l'analyse générale, telle que l'a conçue M. Maurice Fréchet. En cette doctrine, sont aujourd'hui unifiés des problèmes d'analyse classique, fort distants semblait-il. Et cette transfiguration en vue de l'unité (amorcée déjà dans la recherche par itération d'un élément invariant par une transformation, suivant le principe des approximations successives) est certainement l'un des aspects les plus attrayants de la Science Mathématique depuis l'autre guerre.

Une formation mathématique digne de ce nom, doit aujourd'hui donner à ses adeptes une claire conscience de cette manière d'unité méthodologique réalisée sous l'égide des groupes, des correspondances les plus variées et de ces espaces prenant à leur compte les diversités extérieures des problèmes de manière à les réduire, dans le fond, à un petit nombre de types.

6. Mais il n'y a là qu'une première étape, qui serait insuffisante à qui veut se faire une opinion sur la mathématique en elle-même. L'univers en expansion qu'elle nous représente ne se modifie-t-il qu'à la périphérie ? La substance composant son noyau central a-t-elle atteint l'état d'équilibre définitif ?

Tout d'abord, il serait tentant de montrer l'homogénéité de cette substance. Ce but semble facile à atteindre. La synthèse axiomatique de la géométrie, telle que l'a conçue Hilbert, nous ramène à une manière d'algèbre, en considérant des éléments purement abstraits point, droite, plan soumis à certaines *relations*, dont un premier type est la *relation d'appartenance* (fait qu'un point, par exemple, appartient à une droite ou à un plan). En vidant ainsi les notions usuelles de tout attribut sensible, ou si l'on préfère de tout contenu intuitif, on s'oriente vers la tendance formaliste et on réalise l'unité de la mathématique dans un symbolisme universel. On l'amorce à partir du *calcul des propositions*, qui de propositions telles que a, b, c, ...en déduit de nouvelles :

$(a \text{ et } b)$ $(a \text{ ou } b)$ $\bar{a}$ (signifiant : négation de a)

$(\bar{a} \text{ ou } b)$ équivaut à $a \rightarrow b$, la flèche marquant l'implication. Une telle équivalence prend le nom d'*identité logique* de première espèce (elle a la valeur logique *vrai* quels que soient a, b).

Ce jeu d'écritures se prolonge par le *calcul des relations* qui opère avec les symboles de relations comme il vient d'être fait ci-dessus avec les symboles de propositions et qui introduit en outre deux notions, menant à de nouveaux types de relations, relations R (x, y, z) ayant lieu quel que soit x, ce qu'on note (x) R (x, y, z) ; existence d'un x donnant lieu à la relation R (x, y, z), ce qu'on note.

$$(\mathrm{E}x)\ \mathrm{R}\,(x, y, z).$$

Il est clair que

$$\overline{(x)\ \mathrm{R}\,(x, y, z)} \quad \text{et} \quad (\mathrm{E}x)\ \overline{\mathrm{R}}\,(x, y, z)$$

sont des relations interchangeables. Aussi bien pour

$$\overline{(\mathrm{E}x)\ \mathrm{R}\,(x, y, z)} \quad \text{et} \quad (x)\ \overline{\mathrm{R}}\,(x, y, z)$$

L'équivalence obtenue, dans chacun de ces cas, s'appelle une *identité logique de seconde espèce*, en réservant le terme d'identités logiques de *première espèce* pour celles qui ont été rencontrées dans le calcul des propositions. Les procédés qui, de certaines identités logiques, permettent d'en tirer de nouvelles, sont dits *règles de raisonnement*.

Dans une *théorie*, on part de relations élémentaires A, B, C, ... L et l'on convient de poser comme vraies des relations $R_1, R_2, R_3, \ldots, R_n$ formées à partir de A, B, C, ..., L. Les R_n sont les *axiomes* de la théorie.

Une théorie est contradictoire si elle contient à la fois une proposition a et sa négative. Dans une théorie non contradictoire, une proposition peut être *vraie*, *fausse* ou *douteuse* (on dit aussi : indécidable) (1).

(1) D'aucuns ont insisté sur la nécessité d'*interdire à une relation de se prendre elle-même pour objet.* C'est une source de paradoxes (choix entre deux contraires également).

Exemples de paradoxes. — Celui du barbier rasant les hommes de son village qui ne se rasent pas eux-mêmes. Se rase-t-il ?

Soit A, un adjectif exprimant une notion applicable à lui-même et $\bar{\mathrm{A}}$ un adjectif exprimant une notion inapplicable à lui-même. Alors $\bar{\mathrm{A}}$ est-il du type A ou du type $\bar{\mathrm{A}}$?

Autre exemple. — L'ensemble des géométries prélevables sur la géométrie enclidienne contient la géométrie enclidienne elle-même. Cet ensemble se contient donc comme élément, ce qui sera la propriété P.

Considérons maintenant l'ens. E des ens. e aui possèdent la propriété $\bar{\mathrm{P}}$ et demandons si oui ou non, E possède la propriété P.

Si c'est non, E est alors un e, et en tant qu'ensemble de ces e, se contient lui-même, donc possède la propriété P. (contradict.).

Si c'est oui, E de par sa propriété P est un de ses éléments, donc est un e. Donc, il possède la propriété $\bar{\mathrm{P}}$. (contradict.).

Notion irrecevable :

Celle du p. p. entier non définissable en moins de vingt mots.
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Le chiffrage révèlerait dix mots employés à cette fin.

Décider de la vérité d'une proposition donnée dans une théorie à un nombre fini d'axiomes, se ramène à savoir si une relation donnée est ou non une identité logique. Réductibilité analogue pour le problème de la non-contradiction d'une théorie. D'où l'importance de l'*Entscheidungsproblem*, c'est-à-dire de la recherche d'une méthode générale pour savoir si une relation donnée peut se réduire à une identité logique. Mais ce problème, sauf en des cas particuliers, reste irrésolu. On conçoit seulement, sans moyen de les départager par avance, qu'une théorie non contradictoire renfermera des propositions dont on pourra établir la vérité, d'autres dont on pourra établir la fausseté, d'autres enfin susceptibles d'échapper à ces deux classes.

7. En définitive, il semble que nous disposons, tout au moins à l'état potentiel, d'une armature dans laquelle viendra docilement s'insérer toute la mathématique déjà construite, qu'il s'agisse d'arithmétique, d'algèbre ou de géométrie, sous leurs espèces familières et dans leurs ramifications en étroite dépendance avec les parties les plus classiques de ces doctrines. Parmi les avantages qui peuvent en résulter, ressort la possibilité d'éliminer des imprécisions introduites par un exposé en partie verbal d'une théorie ; par exemple, on a souvent prétendu que les transformations ponctuelles conservant une propriété déterminée, forment un groupe ; or, M. Élie Cartan a le premier signalé que si la propriété consiste par exemple dans l'alignement de trois points particuliers assignés, l'affirmation précédente tombe en défaut. Et la formalisation met en garde contre de telles embûches.

8. Ce nouveau pas vers l'unité va-t-il nous donner entière satisfaction ? Dans ce qui précède, nous avons pu constater que deux mentalités distinctes interviennent, d'une part, dans la position à partir de laquelle on peut dégager, au moyen de la notion de groupe, une structure commune aux diverses théories mathématiques, d'autre part, dans la position extrême à laquelle aboutissent les formalistes à outrance.

La première de ces mentalités consiste à se représenter, dans l'imagination, des êtres concrets qui vont satisfaire, dans une théorie, à un énoncé assigné. Ces êtres nous apportent comme la réalisation de cet énoncé, dans la théorie. Tous les objets qui participent à ladite réalisation, sont vus en extension, et à ce titre, sont soumis à un groupement. On s'arroge ainsi le droit de former des collections, qui vont bientôt s'adjoindre au matériel concret d'ores et déjà recensé. Ces collections seront soumises à certaines opérations, par exemple la réunion et l'intersection. Puis, par un procédé qui consiste à étager, on fera des collections de collections...

A côté de cette mentalité, qui en fait, n'a cessé de se montrer favorable au progrès mathématique, examinons maintenant celle des formalistes. Ils répudient complètement l'opinion de Hilbert, qui dans la Mathématique, voyait des êtres préexistants, auxquels sont applicables les calculs de la logique. Cette conception ontologique cède pour eux le pas aux machinations logistiques dont nous avons, plus haut, résumé les principes. A ce point de vue, la théorie des ensembles va devenir une théorie de logique pure, dans laquelle pourra s'intégrer totalement la mathématique, à commencer par les notions les plus familières de l'arithmétique, la suite des entiers par exemple. Un exposé très net de cette conception, qui fait suite à un article de même tendance dû à M. Jean Dieudonné (*Rev. Scientif.*, 1939, p. 224-232) a été récemment publié par M. Henri Cartan, sous ce titre : *Sur le fondement logique des Mathématiques*, (Voir la *Rev. Scientif.*, 1943, p. 3-11.)

Les axiomes adoptés dans ce texte sont ceux de Zermelo-Fraenkel. Dans le système hypothético-déductif ZF correspondant, on n'a jamais rencontré jusqu'ici, dit l'auteur, de proposition douteuse. Signalons l'attitude qu'il prend au point de vue du principe du tiers exclu. Il remarque à son sujet cette erreur : croire que la vérité de la proposition (A ou $\overline{A}$), laquelle en logique classique a lieu quel que soit A (il s'agit donc d'une identité logique), implique la vérité ou bien de A, ou bien de $\overline{A}$. En fait, on conçoit qu'une série convergente à termes rationnels étant écrite, le système formel ZF soit foncièrement impuissant à démontrer que sa somme est rationnelle et tout aussi bien à démontrer que sa somme soit irrationnelle (1).

9. Nous sommes ici fort éloignés du climat qui installa, tout au début de ce siècle, les ensembles dans les diverses branches de la Mathématique, sous l'influence directe des recherches de Cantor, intimement liées aux préoccupations de la théorie des fonctions. On sait comment elles aboutirent avec l'impossibilité de réduire l'ensemble des nombres réels à une suite simple, à distinguer divers *nombres cardinaux*, pour un ensemble infini, et aussi bien, des nombres ordinaux (2), pour ceux

(1) L'auteur dudit article ne se prononce pas au sujet de l'absence de contradiction du système ZF. A vrai dire, il met en doute la preuve correspondante, car parlant d'une théorie quelconque, il s'exprime ainsi :

Dans une théorie dont on SAURAIT qu'elle n'est pas contradictoire...

Et encore, généralement, ne saura-t-on même pas prouver qu'une théorie donnée n'est pas contradictoire. Tel est le cas pour l'arithmétique.

(2) Les nombres ordinaux s'introduisent naturellement quand, faisant intervenir les dérivés successifs d'un ensemble, on constate qu'indépendamment de leur rang, un certain ensemble leur est commun. La même particularité peut encore se produire pour la suite des dérivés de ce nouvel ensemble.

de ces ensembles pouvant être dits *bien ordonnés* (1). Mais la mentalité cantorienne a fait surgir des paradoxes nombreux. Le moyen de les éviter était sans doute d'édifier axiomatiquement la théorie des ensembles. En ce cas, tous les concepts formalisés ZF vont constituer, de nécessité, une collection énumérable. Dans le système ZF, en dehors de cette collection, il n'y a pas d'êtres qui soient mathématiquement définissables. Entre le système ZF et les spéculations d'origine cantorienne, il semble donc qu'il y ait une scission très profonde.

Des formalisations autres que le système ZF ont d'ailleurs été construites, au nombre desquelles on peut citer celle de von Neumann. D'après cela, les concepts de la théorie des ensembles et par suite, la mathématique en général. prennent figure de spéculations relatives à une axiomatique donnée.

Par exemple, le concept *fini* devient lui-même relatif. Selon Dedekind, il signifie pour un ensemble M qu'il n'existe aucune représentation sur M d'un vrai sous-ensemble de M. Mais cette non-existence dans l'axiomatique ZF n'est pas assurée par avance dans telle autre axiomatique.

En définitive, le purisme des formalisateurs vient ruiner l'affirmation de l'existence des ensembles non-dénombrables, en réduisant à des non-objets (ou êtres purement fictifs), les infinis supérieurs des recherches de Cantor, et même il met en cause le caractère absolu de la notion de collection finie.

10. Voilà les premiers résultats de la divergence entre la primitive mentalité ensembliste et la mentalité des formalisateurs. Même si c'est à regret, il faut, à ce tournant, envisager la mathématique du dehors, et chercher, avec M. Gonseth, la doctrine préalable sur laquelle les jugements relatifs à ses méthodes peuvent être étayés (2).

Tout d'abord, il y aurait lieu, si possible, de se préciser la notion de ce qui est *vrai* et de ce qui est *faux*. Or, le problème n'est pas simple. Pour certains, le critère de la vérité réside dans l'absence de contradiction. A ce point de vue, un système formel n'est donc acceptable que dans la mesure où sa non-contradiction a pu être établie. Or, d'après Gödel, à l'intérieur d'un système formel, il est impossible d'établir la non-contradiction de ce système. Cette dernière est l'une de ces propositions dont Gödel a démontré qu'elles sont indécidables au sein du système.

On est donc fondé à craindre que l'exclusivisme axiomatique mène à une impasse (1).

11. A la suite des efforts de plus d'un siècle pour montrer que les grands problèmes de l'analyse ont bien des solutions, on s'est accordé souvent à conférer une prééminence à la vérité d'un théorème d'existence, lorsqu'elle est établie par construction. Si l'on systématise, on est conduit à distinguer entre le vrai par construction, le non-contradictoire et le faux, sous réserve d'en donner un critère bien net.

Une telle distinction paraît d'ailleurs devoir s'imposer pour échapper aux incompatibilités qui se présentent devant certaines tentatives de rallier tel vocable soit à l'adjectif A soit à l'adjectif $\bar{A}$. Pour éviter qu'une définition soit contradictoire, on devra parfois convenir qu'elle ne vaut que pour les mots ne soulevant aucune contradiction. Mais alors, à côté de l'éventualité OUI et de l'éventualité NON, va se présenter l'éventualité NI OUI, NI NON (déjà du fait des mots pour lesquels notre définition ne signifie rien). En pareil cas, il semble bien que le schéma du vrai et du faux s'excluant mutuellement, soit insuffisant.

A l'appui de cette tendance, M. Heyting invoque l'exemple suivant :

La proposition : (il y a un n tel que les décimales n, $n+1$, $n+2$ dans le développement de π soient 777) signifie qu'on PEUT CALCULER n. La négation de cette proposition veut dire qu'on PEUT ramener à une contradiction la supposition :

on a calculé n

On ne saurait affirmer qu'en tous les cas, une de ces possibilités soit réalisée, on ferait là une hypothèse sur l'idée d'un monde où la calculabilité ou l'incalculabilité de n serait réelle.

On s'en prend dès lors à la logique !

En s'engageant dans ce sentier, on se refuse le secours du *principe du tiers exclu* (2), ce qui oblige

(1) On dit qu'un ensemble est *ordonné* lorsqu'entre 2 quelconques de ses éléments a, b existe une relation $a \rightarrow b$ telle que $a \rightarrow b$ et $b \rightarrow c$ entraînent $a \rightarrow c$; qu'un ensemble est *bien ordonné* quand la relation d'ordre régissant cet ensemble est telle que chacun de ses sous-ensembles ait un premier élément.

(2) Telle est la conclusion essentielle de l'éminent professeur de l'Ecole Polytechnique fédérale de Zurich, dans le fascicule exposant les résultats du congrès sur les fondements de la Mathématique, tenu à Zurich en 1938. Ce fascicule est intitulé : *Les entretiens de Zurich.*

(1) Et cependant, est-il possible d'atteindre la clarté en dehors de ce qui se laisse formaliser ? Cette question m'amène à évoquer au passage l'*axiome de choix*, englobé dans l'axiomatique ZF et que dès 1904, M. Ernst Zermelo avait énoncé sous la forme suivante :

Considérons des ensembles non vides et disjoints, il existe un ensemble contenant un élément et un seul des précédents.

Or, cet axiome a provoqué de vives discussions. Des mathématiciens éminents ont affirmé ne pas comprendre, vu les difficultés mêmes inhérentes à l'emploi des termes ENSEMBLE et IL EXISTE. Qu'est-ce donc qu'affirmer l'existence d'un être mathématique et spécialement, d'un ensemble ? C'est ici que diverses mentalités vont se trouver aux prises. Pour certains, la phrase : il existe un objet doué de la propriété p voudra dire : il n'est pas vrai que tout objet jouit de la propriété non-p. Pour d'autres, l'existence doit répondre à des exigences plus marquées.

(2) Il ne s'agit pas pour les intuitionistes de réfuter ce principe comme étant faux, ils le considèrent comme trop mal fondé pour servir de base aux mathématiques.

à reconsidérer toute la mathématique d'une manière minutieuse. Tout cela ne sera bien clair, dans cet intuitionisme qui nous écarte des intuitions courantes, que moyennant une formalisation de la logique correspondante. Cette formalisation a été faite et grâce à elle, M. Kolmogoroff a pu identifier le système formel des intuitionistes avec le calcul des problèmes dans la logique classique (1). Cette manifestation d'unicohérence pourrait nous rassurer dans une certaine mesure. Interrogeons cependant l'un des représentants les plus qualifiés, M. Heyting, de la tendance intuitioniste.

« L'origine des mathématiques intuitionistes, répond-il, n'est pas située dans un système philosophique déterminé. Seulement, pour bien comprendre, il est utile d'admettre qu'en mathématiques, l'esprit est actif, constatation moins de nature philosophique qu'empirique et confirmée par l'introspection mentale. »

Et il ajoute :

« Souvent des mathématiciens nous demandent de formuler exactement nos axiomes de logique et de mathématiques : ensuite, on pourrait étudier ce système d'axiomes au même titre que d'autres systèmes. C'est là une position que nous ne saurions accepter. Pour nous les mathématiques consistent en une activité intellectuelle spontanée. L'expression par la parole ou par l'écriture, quoiqu'indispensable pour la communication, n'est jamais adéquate. En outre, on ne saura jamais si un système donné d'axiomes épuise les forces créatrices de l'esprit mathématique. »

Comme l'a noté M. Gonseth, ces passages affirment nettement que les mathématiques intuitionistes, dans leurs fondements et dans leur pratique, s'inspirent d'un certain ensemble cohérent de vues sur l'activité créatrice de l'esprit humain... Dans cette conception extrême de l'intuitionisme qui vient d'être évoquée, la plateforme destinée à soutenir l'édifice, ou plutôt comme je le disais tout à l'heure, le noyau de l'univers mathématique en extension, ne serait jamais stabilisé.

Est-ce là ce que souhaitent les mathématiciens ?

Pour pactiser avec des conceptions aussi inattendues que celles de M. Heyting, celles même qu'il a le plus récemment formulées, il faudrait que les constructions intuitionistes aient à leur actif quelque succès analogue à celui de l'hypothèse des quanta dans l'étude du rayonnement du corps noir.

Ce stade n'est pas encore atteint.

12. Résumons-nous.

Il paraît acquis, à l'heure actuelle, qu'on ne saurait, de la Mathématique elle-même, tirer une preuve de la cohérence de cette science, envisagée globalement. Et sans aucun doute, la Mathématique risque d'y perdre de son prestige.

Ce qu'on peut dire, c'est que l'organisme qu'elle représente s'offre comme une sorte d'univers en expansion, que nous voyons évoluer. Si en principe, cette évolution risque d'atteindre le noyau central, ce n'est pas là ce qui se produit en fait. Dans les diverses cellules de cet univers, les mathématiciens travaillent avec la tranquillité d'esprit la plus grande. Les problèmes qui les sollicitent ont d'ailleurs un certain caractère d'objectivité, tranchant nettement en cela sur des questions factices, qu'on a parfois dénommé des *pseudo-problèmes* (1). Malheureusement, la démarcation entre problèmes et pseudo-problèmes est difficile à tracer.

13. Depuis déjà longtemps, divers savants ont émis l'opinion que les mathématiques sont influencées par les sciences expérimentales et ne peuvent en être entièrement séparées.

« Il s'agit maintenant, écrivait Cournot, de savoir si toute théorie n'est qu'un jeu d'esprit, une spéculation curieuse, ou si elle a, au contraire, pour objet des lois très importantes et très générales qui régissent le monde réel. Pour opérer ce passage de l'idée d'un rapport abstrait à celle d'une loi efficace dans l'ordre des réalités et des phénomènes, les raisonnements mathématiques, appuyés sur une série d'identités, sont évidemment insuffisants. Il faut recourir à d'autres notions, à d'autres principes de la connaissance : en un mot, il faut faire de la critique philosophique. »

Une théorie est donc par elle-même un système axiomatisé dont les prémisses ne valent que par une sorte d'élaboration inductive, les faisant accepter à partir d'un certain nombre de constatations de faits, et dont les conclusions doivent être finalement confrontées avec les faits qui ont suscité cette théorie. A la suite de M. Jean-Louis Destouches, M. Maurice Fréchet a fait sienne la conception qui précède, en citant à l'appui, outre le passage signalé de Cournot, ces remarques plus récentes de M. Cantelli :

« Le développement du calcul classique des probabilités comporte trois étapes :

1° Recherche de la signification expérimentale de la probabilité et de celle des cas également possibles ; justification expérimentale des prin-

(1) Voir aussi, à ce sujet, une note intéressante de Mme P. Destouches. Février C. R. avril 1945, t. 220, p. 484.

(1) Par exemple, un pseudo-problème serait la recherche, déjà mentionnée, du plus petit entier non définissable en moins de 20 mots français.

Selon H. Lebesgue, l'essentiel est de préciser et de délimiter les notions qu'on emploie. En fait, on arrive toujours à se mettre d'accord quand une question de cette nature se pose, mais pas tant par une démonstration qui serait impossible, que par l'acquisition progressive de cette conviction intime qui est extérieure à la démonstration. On voit que la psychologie prend, à ce moment, un rôle essentiel.

cipes (probabilités totales et probabilités composées).

2° Elaboration de la théorie abstraite fondée sur ces principes appliqués à la classe d'événements que l'on considère. La théorie ainsi obtenue est indépendante de la notion physique de probabilité ; elle repose uniquement sur des conventions relatives à l'application des principes.

3° Si l'application de ces principes est conforme aux faits expérimentaux, les probabilités déduites de la théorie peuvent servir effectivement pour prévoir les fréquences relatives des événements considérés. »

14. On voit que ce programme ne diminue en rien la part du travail purement axiomatique et formalisateur. D'ailleurs, il faut bien reconnaître que ce dernier ne portera jamais que sur un système fini de conséquences, dans une théorie en voie d'élaboration. Il sera d'ailleurs, quel que soit le sujet traité, la mise sous une forme cristallisée d'enchaînements révélés par des impulsions intuitives, auxquelles seules revient le rôle créateur. Mais ici, nous nous éloignerions de notre sujet véritable, en multipliant indûment les facteurs psychologiques.

Il n'est pas défendu d'espérer une solution qui demanderait au prestige mathématique des sacrifices moindres. Je vais essayer, par une comparaison, de la faire entrevoir.

15. L'époque pythagoricienne, a vu surgir une crise par la mise en vedette de ce qui est incommensurable. Aujourd'hui, nous connaissons une crise analogue par la mise en vedette de la mathématique informalisable.

Cependant, aucune opération physique de mesure n'était foncièrement atteinte par l'incommensurabilité de la grandeur, les nombres rationnels formant un système suffisant pratiquement à la mesure des longueurs.

De même aujourd'hui, aucune suite finie de déductions mathématiques, prélevée dans les corps de doctrine dûment constitués, ne se trouve, devant l'impasse créée par le théorème de Gödel, pratiquement atteinte ; car la formalisation pourra toujours, j'en ai la profonde conviction, être conduite de manière à englober cette suite finie de déductions. Ce qni n'est pas possible globalement le devient par tronçons.

Il me semble que cette voie offrirait des possibilités pour comprendre la cohérence logique de la Mathématique.

G. BOULIGAND,
Professeur à la Sorbonne.

ERRATUM

Le Problème des pâtes à papier. (M. GEORGES DUPONT) n° 9/10. 1944/45 : Pages 186 et 187 les figures ont été interverties.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

DIVE (A.), professeur de mécanique rationnelle à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand. — **Les Interprétations Physiques de la théorie d'Einstein.** 11-81 p. 13,5×25,5 avec 12 fig., 2e édition, broché, Dunod, Paris, 1945. Prix : 100 fr.

L'éditeur donne pour avis que des vulgarisateurs ont prétendu que les audacieuses conceptions d'Einstein sur la relativité et la dépendance mutuelle du Temps et de l'Espace, n'étaient que des conséquences logiques de faits observés de la fameuse expérience de Michelson et des équations établies en traduisant mathématiquement des résultats expérimentaux certains.

L'auteur explique pourquoi il ne lui semble pas possible d'admettre cette façon de voir.

E. Esclangon a préfacé cet ouvrage et rend hommage à son étude très approfondie des concepts fondamentaux à l'origine des théories de la relativité et du sens aigu d'esprit critique de l'auteur.

Le texte de cet ouvrage constitue le développement de diverses communications présentées à l'Académie des Sciences, Belles Lettres et Arts de Clermont-Ferrand, au Congrès de Soleures (1936) et à la Soc. Phys. et Hist. Nat. de Genève. Cette deuxième édition contient un fac-similé d'un autographe de H. Bergson constatant l'accord de ses conclusions de philosophe avec celles du savant.

L'ouvrage en lui-même commence par une introduction exposant l'idée essentielle d'Einstein.

Le chapitre I est consacré à l'*Espace* et la *Géométrie*, la contraction de Lorentz, la géométrie d'un champ gravidique d'Einstein-Schwarzschild. L'auteur montre que certains désaccords dans l'expression des conclusions, paraissent du fait qu'on n'utilise pas toujours les mêmes concepts

et dans la confusion entre la géométrie des solides et la géométrie des ondes.

Le chapitre II, le *Temps* nous conduit du temps propre ayant pour valeur

$$\int_A^B \frac{ds}{c}$$

dont la mesure, au moyen du temps cosmique est relative chez Einstein, à l'impossibilité de synchroniser les horloges sur un disque tournant, hors celles situées sur une même circonférence, ce qui conduit au principe d'équivalence :

$$t' = t\sqrt{1 + 2\frac{\Phi}{C^2}}$$

et à la démonstration einsteinienne, au « vieillissement moins rapide », enfin aux expériences sur le disque tournant (Chap. III).

L'auteur doute que les temps propres de la théorie d'Einstein puissent être regardés comme des temps réellement vécus, il envisage que la vitesse de la lumière serait une fonction décroissante de la distance du Soleil, il se rallie à Painlevé et Jean Chazy. Les opinions de l'auteur eont étayées de 150 notes et références bibliographiques.

Nous rappellerons la quatrième partie de notre étude de Philosophie et Sciences Biologiques (1941) : de l'éternité au temps en biologie, les travaux de Sivadjian et de Lecomte de Nouy sur le temps en biologie, l'étude de la chronaxie de Lapicque et ses élèves pour insister sur l'intérêt d'un ouvrage comme celui de A. Divé, non seulement pour les philosophes et les mathématiciens, mais encore pour les biologistes.

Jean S. de Goldfiem.

2° Art de l'Ingénieur

GUINIER (André), Directeur adjoint Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers. — **Radiocristallographie.** XII-217 p., 16×25, 145 fig. XVI planches hors-texte, Dunod, édit., Paris 1945. Prix : 725 fr.

Le Prof. Ch. Mauguin, de l'Institut, dans la préface de cet ouvrage, rappelle l'historique de la radiocristallographie née en 1912 avec les expériences de Laue. La technique radiocristallographique a démontré que sauf les verres et les résines, tous les corps solides sont cristallisés, même ceux qui semblent amorphes.

Ch. Mauguin dit :

« Le livre de M. Guinier arrive à son heure ; après les terribles épreuves que nous venons de subir, notre industrie nationale va certainement tenter un gros effort de rénovation. Elle ne le réussira que si elle s'appuie sur une base scientifique suffisamment solide. Il ne paraît pas dou teux que la radiocristallographie va prendre un place de plus en plus importante dans les labora toires de contrôle et, surtout, dans les laboratoire de recherches, pour le perfectionnement des tech niques. »

Il faut, en effet, à la France, un équipemen scientifique digne de sa civilisation et de ses poss bilités. C'est pourquoi, soit dit en passant, nou souhaiterions que la Constituante crée un gran Ministère de la Défense Sociale et Educatio comprenant quatre ministères techniques : Sant Publique, Sécurité Sociale, Education Nationa et Beaux Arts, *Recherche Scientifique.*

Ce dernier est aussi indispensable que les préc dents. Il contribuera à la formation des techn ciens compétents avec des moyens plus étendu que les organismes actuels.

Pour les techniciens de la radiocristallographi M. Guinier est un « patron » de choix, et, en atte dant des moyens nationaux meilleurs, son liv est un excellent guide.

L'auteur, dans une introduction, nous rappel les deux grandes applications des Rayons X : radiographie et celle qui fait l'objet de son ouvra qui est divisé en cinq parties principales, l'appe dice et des annexes.

La *première partie* intéresse tout le monde propriétés générales des Rayons X, leur natu (ceux utilisés en radiocristallographie ont 0,5 2 Å) mécanisme de production de la raie K interaction Rayons X et matière. Les sources Rayons X sont expliquées au chapitre II : tube générateurs électriques.

La *deuxième partie* expose les éléments de cri tallographie et la théorie de la diffraction d Rayons X par les cristaux avec un rappel fort uti sur les notions fondamentales, sur les cristaux, calcul du facteur de structure, l'étude détaill des systèmes de réseaux cristallins les plus impo tants.

La *troisième partie* est consacrée aux méthod expérimentales, selon la nature de l'échantill qui détermine le choix de la méthode. Le chapit IV nous initie aux diagrammes de diffraction d poudres cristallines ou des solides microcristallisé avec la description des chambres de diffraction, description des appareils et leur réglage, la pos tion des raies Debye-Scherrer, leurs mesures interprétations. Le chapitre V décrit les diagramm de diffraction des cristaux uniques, le diagramme Laue. Le chapitre VI, les diagrammes de diffra tion en rayonnement rigoureusement monochrom tique, avec tous les éléments utiles à l'usage monochromateur.

La *quatrième partie* développe les applicatio des méthodes radiocristallographiques, dont l

sultats permettent la détermination de la texture istalline de l'échantillon (taille et orientation), 1 réseau cristallin (mesure précise des paramètres) la structure du cristal.

La *cinquième partie* commence par le chapitre X r les imperfections cristallines par des influences verses : agitation thermique, déformations méniques, défauts de périodicité, diffusion par les istaux mixtes. Au chapitre XI, c'est la diffraction des Rayons X par les corps amorphes, puis chapitre XII la détermination de la taille des rticules submicroscopiques par la diffusion des ibles angles.

Dans l'*appendice*, l'auteur a rassemblé les calculs éoriques sur la diffraction dont les résultats nt donnés au cours de l'ouvrage : formule de homson, méthode de Hartree, intensité du diaamme Debye-Scherrer, etc...

Dans les *annexes*, le tableau de Mendéleïeff, lui des structures atomiques de Compton et lison, le spectre d'émission K et L et la limite absorption K de Bragg, les coefficients massiques d'absorption de Compton et Allison, une liste des plans réticulaires rangés par ordre de distances interréticulaires décroissantes, les abaques de Hull, les tables de correspondance entre l'angle de Bragg θ et la distance interréticulaire d, liés par la relation $\lambda = 2\, d \sin\theta$ pour les longueurs d'ondes des radiations MKα, CoKα, FeKα, CrKα, la maille cristalline de 58 corps usuels d'après P.-P. Ewalder et C. Hermann, un réseau stéréographique.

XVI belles planches photographiques illustrent l'ouvrage avec des légendes.

L'auteur, en nous donnant un ouvrage de langue française, comble une lacune qui touchait particulièrement les techniciens de la physique pure et industrielle. Mais ce volume aura aussi sa place dans les laboratoires de biophysique, car la radiocristallographie permet un avancement dans la connaissance des ultra-virus et des constituants cytologiques.

Jean S. de GOLDFIEM.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 3 avril 1944

J. Braconnier et **J. Dieudonné** : *Sur les oupes abéliens localement compacts.* — **D. Barier** : *La théorie du spectre continu des étoiles dans cas où le coefficient d'absorption est variable.* — Mlle **R. Canavaggia** : *Variation de la répartition l'énergie dans le spectre de δ Cephei.* — **J. Vil- r** : *Sur les dimensions de la température* : L'examen de diverses lois physiques impose pour la mpérature la dimension du carré d'une vitesse = $L^2\ T^{-2}$ et l'analyse dimensionnelle permet rs de prévoir la loi correcte de la résistance aérodynamique. — **J. Mariani** : *Une interprétation orique du magnétisme terrestre et solaire* : Liaison r l'intermédiaire d'un espace de Riemann à sion entre la constante de la gravitation et les amps magnétiques terrestre et solaire. — **G. puy** : *Sur l'intervention de l'énergie cinétique ns les chocs de seconde espèce.* — **E. Selzer** : *uit de fond et oscillations à fréquences musicales ervées dans les magnétrons* : Etude de quelques nifestations dynamiques du fonctionnement des gnétrons à anode non fendue. — **Ouang Te hao** et **J. Surugue** : *Sur le rayonnement α de ble énergie du radioactinium.* — Mlle **G. Gal- i** : *Sur la variation du pH des filtrats des mélanges de chlorure et de sulfate de magnésium et d'ammoniaque.* — **L. Palfray** et **B. Gauthier** : *Sur le propyl-4-cyclohexanol et quelques-uns de ses dérivés.* — Mlle **Y. Garreau** : *Recherches sur l'ioduration des amino-2-thiazols.* — **J. Parrod** : *Nouvelles synthèses dans la série des acides cétoniques sulfurés.* — **J. Baussan** : *Etudes des niveaux marins dans la Méditerranée occidentale.* — **C. Arambourg** : *Les hippopotames fossiles d'Afrique* : Existence dans les gisements pleistocènes de l'Omo (Abyssinie) d'un type nouveau. — **P. Corsin** : *Sur les plantes fossiles du Gédinnien de Vinny.* — **V. Plouvier** : *Sur la présence d'aucuboside dans l'Eucommia ulmoides oliv.* (*Eucommiacœa*). — **J.-L. Tingaud** : *Les étapes de la croissance chez les Amphipodes Gammariens.* — **M. Polonovski**, **R.-G. Busnel**, **P. Chauchard**, Mme **H. Mazoué**, **M. Pesson** et **R. Vieillefosse** : *Action de la fluorescence et de l'acide isoxanthoptérine carboxylique sur les tests d'avitaminose B1 du pigeon et du flagellé polytomella cœca.* — **J. Roche** et **M. Mourgue** : *Sur la libération de la leucine et de la valine au cours de l'hydrolyse des protéines et sur la position de ces acides aminés dans la molécule protéique.*

Séance du 12 avril 1944

B. Kwal : *Sur la mécanique ondulatoire des*

corpuscules élémentaires. — **J.-L. Andrieux** et **G. Weiss** : *Sur l'attaque anodique du fer et la formation d'un boroferrite par électrolyse ignée.* — **R. Leniuer** ; *Etude de la durée de vie moyenne des atomes de mercure excités par des fréquences voisines de celles de la résonance* : La durée du passage de l'atome diffusant par son état excité varie en raison inverse de l'écart entre la fréquence propre de cet atome et la fréquence du rayonnement incident. — **P. Chévenard** : *Détermination du coefficient de diffusion dans le système fer-nickel α.* — **C. Eichner, M. Perrin** et **M. Prettre** : *Sur le mécanisme de la conversion catalytique du méthane par combustion ménagée.* — **E. Cattelain** et **P. Chabrier** : *Sur quelques propriétés des thiohydantoïnes disusbstituées en 5-5. Comparaison entre les cycles sulfoxotriazinique et thiohydantoïniques.* — **J. Vène** et **Y. Graff** : *Sur la stabilité du cycle lactonique des phtalides et sur les acides-alcools correspondants.* — **A. Tian** : *Réaction de l'acide sulfurique et de l'oxyde d'éthyle* : Etude de la contraction et de l'effet thermique accompagnant cette réaction.

Séance du 17 avril 1944

J. Pérès : *Fonctionnelles intervenant dans la discussion d'une équation de Fredholm.* — **G. Charpy** et **R. Clavère** : *Sur l'agglomération des cendres de pyrites.* — **H. Eyraud** : *La représentation des nombres ordinaux* : Construction d'un ensemble permettant de noter les transfinis ordinaux de la seconde classe. — **E. Brun** et **M. Vasseur** : *Dépôt sur un obstacle, de particules en suspension dans un courant fluide.* — **L. Sackmann** : *Contribution à l'étude de l'hélice propulsive. Polaire absolue d'hélice.* — **R. Swyngedauw** : *Sur la résistance spécifique de roulement d'un essieu et sa mesure.* — **J.-L. Destouches** : *Le rôle des transformations de Lorentz en mécanique ondulatoire et l'interprétation physique de la mécanique relativiste des systèmes de corpuscules.* — Mlle **L. Couture** : *Spectres de vibration des carbonates orthorhombiques naturels ; étude théorique.* — Mme **P. Ramart-Lucas**, Mme **M. Grumez** et **M. Martynoff** : *Transpositions intramoléculaires dans la série des naphtoquinone-phénylhydrazones* : Détermination de la structure des produits de Willstätter et de Auwers par analyse spectrale. — **Buu-Hoï** et **J. Lecocq** : *Contribution à la chimie des benzophénothiazines substituées.* — **B. Gauthier** : *Sur le propyl-4 cyclohexanol. Déshydratation et oxydation.* — **P. Chatelain** : *Sur la diffusion de la lumière par les cristaux liquides.* — **G. de Vaucouleurs** : *La loi normale de luminosité des éclipses de Lune de 1894 à 1943.* — **A. Sosa** : *Sur la présence de deux stérols nouveaux et d'un ester à poids moléculaire élevé dans le Parinarium macrophyllum Sab.* — **V. Plouvier** : *Sur l'étude biochimique du Prunus Nakaii Léveillé (Rosaceæ)* : Extraction d'acide cyanhydrique des rameaux, feuilles et fleurs et d'un flavonoloside de ses feuilles.

Séance du 24 avril 1944

M. Molliard : *Production expérimentale de Linaria Tontoni A. Chev., décrit comme mutation de Linaria Cymbalaria (L.) Miller* : La mutation observée dans la nature est réalisée en culture par action de la colchicine sur les graines de Cymbalaire. — **P. Lejay** : *Déterminations de la pesanteur dans le Massif Central.* — **R. Lennuier** : *Effet de l'élargissement Doppler sur les interactions entre les atomes et le rayonnement au voisinage de la résonance.* — **P. Girard** et **P. Abadie** : *Spectre de haute et de basse fréquence et structure du caoutchouc.* — Mlle **L. Couture** : *Spectres de vibration des carbonates orthorhombiques naturels. Etude expérimentale de l'aragonite* : Etude de l'effet Raman d'un cristal d'aragonite et classification de ses modes de vibrations. — **A. Pacault** et Mme **N. Pacault** : *Magnétochimie du mercure et de ses oxydes.* — **R. Delavault** : *Mesure de la vitesse d'attaque d'un réseau cristallin au moyen des figures de corrosion* : Etude de l'action de l'acide fluorhydrique sur la muscovite. — Mme **M.-L. Quinet** : *Action de l'eau sur l'acétate complexe de glucinium.* — **P. Chabrier** et Mlle **B. Tchoubar** : *Caractérisation de quelques homologues du triophène dans les huiles sulfurées françaises.* — Mlle **M. Montagne** et **M. Roch** : *Structure de quelques hydroxyméthylène-cétones aromatiques.* — **F. Salmon-Legagneur** et Mlle **F. Soudan** : *Action de réactifs basiques sur l'anhydride, l'imide ou l'anile α α-diphényl succinique.* — **H. Normant** : *Sur quelques propriétés des halogénométhyl-2 coumaranes.* — **H. Dessens** : *Relation entre l'absorption par l'atmosphère et la visibilité.* — **J. Duclaux** : *Observations au sujet de la note de M. Dessens.* — Mlle **L. Hérenger** : *Nouveau genre d'éponge siliceuse fossile et remarques sur la classification des Hexactinellides.* — **R. Lami**, **J. Portier** et **M. Serpette** : *Sur le déplacement des Closterium (Desmidiées) cultivés sur gélose* : Etude des déplacements circulaires de l'algue (1000 μ en 3 à 4 jours).

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 1er mai 1944

G. Bouligand et **G. Choquet** : *Problèmes liés à des métriques variationnelles.* — **J. Rivaud** : *Remarques sur le problème de l'élasticité non linéaire.* — **L. Escande** : *Approximation du calcul*

de certaines surpressions. — **C.-B. de Carbon** : *Passage progressif du comportement visqueux au comportement plastique. Théorie cinétique du corps solide.* — **S. Slansky** : *Propriétés de l'opérateur d'interaction de deux corpuscules de spin 1/2 en mécanique ondulatoire relativiste.* — **J. Berger** et **D. Chalonge** : *Nouvelle comparaison entre le spectre du centre du disque solaire et celui de points voisins du limbe.* — **A. Missenard** : *Recherche d'une expression rationnelle du coefficient de convection naturelle pour les cylindres horizontaux.* — **J.-L. Andrieux** et **A. Canaud** : *Sur la préparation électrolytique et les propriétés des arséniures de fer.* — **C. Magnan, P. Chanson** et **A. Ertaud** : *Sur un spectographe électrostatique permettant d'évaluer la charge des fragments nucléaires de l'uranium* : Principe d'un spectographe formé par un condensateur cylindrique porté à haute tension et utilisé de telle façon que les fragments de la fission du noyau d'uranium sous l'action des neutrons et dont les vitesses initiales sont parallèles à l'axe convergent sur une surface cylindrique coaxiale suivant des cercles. — M[lle] **M. Perey** : *Relation entre l'énergie maximum des rayons β des radio-éléments artificiels et la masse superficielle les absorbant de moitié.* — **A. Rousselot** : *Poids équivalent et courbe de titration des gélatines.* — **Nguyen Quang Trinh** : *Le nitrométhane utilisé comme liquide d'extraction des carbures aromatiques contenus dans les huiles minérales.* — **J. Besson** : *Décomposition catalytique du chlorure d'acétyle et du chlorure de benzoyle en présence de glucine.* — **F. Obaton** : *La réflexion des radiations de grande longueur d'onde par les plantes de haute montagne* : Le coefficient de réflexion des ondes de longueur d'onde comprises entre 0μ700 et 0μ870 est environ deux fois plus élevé pour les plantes de haute montagne que pour les plantes de plaine. — **G. Lemée** : *Sur les rapports entre l'économie en eau et l'enroulement des feuilles de Graminées.* — **S. Hénin** : *Comparaison entre l'influence d'un mouillage préalable de particules de terres, par divers liquides, vis-à-vis de leur résistance au délitement dans l'eau et l'influence de ces mêmes pré-traitements sur la cohésion de la terre.* — **Raymond-Hamet** : *Sur un nouveau sympathicosthénique* : Propriétés de la cusparine extraite des écorces d'Angusture. — **R. Lecoq, P. Chauchard** et Mme **H. Mazoué** : *Action antialcalosique de l'acide ascorbique (vitamine C).*

Séance du 8 mai 1944

F. Joliot : *Sur une méthode physique d'extraction des radioéléments de bipartition des atomes lourds et mise en évidence d'un radiopraséodyme de période 13 jours* : Description et utilisation d'une méthode basée sur le fait que les fragments violemment projetés lors des bipartitions explosives des atomes d'uranium sont capables de quitter des couches minces uranifères et peuvent être recueillis sur un support. Cette méthode permet de séparer chimiquement un praséodyme de période 13 jours ± 0,5 jours et dont l'énergie maximum des rayons β associés est 0,98 ± 0,05 Me V. — **A. Chevalier** : *Les espèces de Taraxacum productrices de caoutchouc, leur aire géographique et leur avenir* : Caractères botaniques et agronomiques du Kok-Saghyz et possibilités futures des cultures de Pissenlits à caoutchouc. — **P. Belgodère** : *Courbure moyenne généralisée.* — **J. Fieux** : *Gyroscopes de démonstration.* — **J. Villey** : *Sustentation et propulsion thermiques* : Examen de la possibilité d'obtenir la sustentation par transport direct de la quantité de chaleur fournie par le combustible à l'atmosphère en conduisant ce transport direct de telle manière qu'une partie suffisante de la quantité de chaleur se transforme en énergie cinétique macroscopique. — **A. Sesmat** : *Suggestions d'expériences relatives aux fondements de la mécanique ondulatoire.* — **L. de Broglie** : *Remarques sur la note de M. Augustin Sesmat.* — **R. Martin** : *Sur l'exploitation stéréophotogrammétrique des photographies redressées.* — **J. Demangeot** : *Sur la détermination de l'altitude moyenne à partir des cartes topographiques en hachures.* — **A. Missenard** : *Recherche d'une expression rationnelle du coefficient de convection naturelle pour les cylindres verticaux.* — **R. Audubert** et **C. Racz** : *Chimioluminescence ultra-violettes par oxydation du carbone.* — M[lle] **M. Falinski** : *Sur l'application de la méthode de Scheffer-Kawalki à la détermination des coefficients de diffusion des substances dissoutes.* — M[lle] **L. Lagarde** : *Chaleur de formation du bicarbonate de lithium à l'état dissous.* — M[lle] **N.-L. Quinet** : *Formule développée de l'acétate complexe de glucinium.* — **C. Dufraisse, C. Pinazzi** et **J. Baget** : *Cristallisation du soufre insoluble.* — Mme **P. Ramart-Lucas** : *Existence de formes tautomères, colorées en lumière visible, des dérivés hydroxylés du phénylxanthène.* — **J. Bourcart, J. Jacquet** et **C. Francis-Boeuf** : *Sur les conditions du dépot de la tangue dans la baie du Mont Saint-Michel.* — **A. Sévin** et **J. Lavollay** : *Action de l'acide ascorbique sur la teneur en histamine de l'organisme. Mécanisme de cette action.* — **L. Lutz** : *Sur les conditions de production des gommes solubles et insolubles.*

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LII DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES
1942-1945

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Biologie générale

SCHUNCK DE GOLDFIEM (J.). — Carrières biologiques... 63

Chimie

CATTELAIN (E.). — Introduction à l'étude des stilli-réactions ... 182
CHEVALLIER (P.). — La structure intime de la matière au Moyen Age (d'après les œuvres d'Arnaud de Villeneuve) ... 31
RENAUD (Paul). — Généralisation du cribie d'Eratosthène ... 206

Nécrologie

BOULIGAND (G.). — Emile Picard ... 1
HONNELAITRE (A.). — Giovanni Malfitano (1872-1941) ... 29
MONTEL (P.). — Charles Fabry (1867-1945) ... 205

Physique

RAMEAU (D^r^). — Centenaire de la Bobine de Rhumkorff. 64

Sciences médicales

HERSCOVICI (Dr H.). — La médecine néo-hippocratique .. 61
MARBAIS (S.). — Unicité ou pluralité du virus cancéreux. 121

Zoologie

RANC (A.). — Le centenaire de la naissance de Metchnikoff ... 177
RIESE (W.) et GOUZI (P.). — La structure de l'hypothalamus et la fonction thermo-régulatrice chez les Masurpiaux ... 180

Divers

VILLEY (J.). — Editorial ... 93
VILLEY (J.). — Le recrutement des ingénieurs Docteurs. 149

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Biologie générale

GAUSSEN (H.). — Evolution et retour aux formes ancestrales ... 4
GAUSSEN (H.). — La surévolution post-embryonnaire et les lois de l'autogénie ... 103
NAGEOTTE (J.). — Sur la vision chez les Vertébrés et chez les Arthropodes ... 65
ROSTAND (J.). — L'homme devant la biologie ... 211
SCHUNCK DE GOLDFIEM (J.). — Biomécanique (mécanique et sciences biologiques) ... 9

Botanique et Agronomie

SALGUES (R.). — Les essences de quelques labiées de Provence ... 35

Chimie

DUPONT (G.). — Le problème des pâtes à papier ... 184
HAKSPILL (L.). — Les récupérations de chaleur et de sous-produits dans l'industrie chimique ... 94

Géologie

BRUET (E.). — La géologie et les mines d'or du Nouveau-Québec ... 131

Mathématiques

BOULIGAND (G.). — Les crises de l'unité dans la mathématique ... 215

Météorologie et Physique du Globe

DEMOZAY (L.). — Essai d'une monographie climatique élémentaire d'une commune du Département de la Loire ... 79
LE GRAND (Y.). — La Haute atmosphère ... 153, 189

Physiologie

THIEBLOT (L.). — La neurocrinie (en physiologie des Vertébrés) ... 137

Psychologie

HERSCOVICI (H.). — L'Instinct et la Conscience dans l'évolution de la Vie ... 162

Physique

BOUTARIC (A.). — Dépolarisation d'un faisceau lumineux à travers des suspensions grossières ... 124
BOUTARIC (A.). — Le principe de la conservation de l'électricité ... 73
BROGLIE (Louis de). — Les applications techniques de la mécanique ondulatoire ... 207
SIVADJIAN (J.). — Sur la composition des vitesses ... 42
VILLEY (J.). — Les problèmes des très grandes vitesses en aviation ... 98

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Mathématiques

BOLL (M.). — Le mystère des nombres et des formes ... 110
DIENES. — Logic of algebra ... 110
HAMILTON (sir W.-R.). — The mathematical papers ... 111
VILLEY (Jean) et DIENESCH (Jean). — Tables de logarithmes de logarithmes ... 140

Mécanique générale et appliquée Art de l'Ingénieur

BARY (P.) et HERBERT (J.). — La Verrerie ... 115
BERTHELOT (Ch.). — Carburants et lubrifiants nationaux. 144
— La tourbe, un carburant, un engrais ... 74
BOREL (Emile). — L'évolution de la mécanique ... 145
BRAIVE (J.). — Aide-mémoire du constructeur de béton armé ... 116

BROLA (G.). — Générateurs de vapeur à très haute pression 24
DÉRIBÈRE (M.) et ESME (A.). — La bentonite, les argiles colloïdales et leurs emplois 90
BUILDER (A.). — Les Fosses septiques: leur construction, leur fonctionnement, leur entretien 145
ESCANDE (L.). — Recherche théorique et expérimentale sur les oscillations de l'eau dans les chambres d'équilibre 116
FONTAINE (R.). — La rectification des métaux 24
FOURCAULT (L.-D.). — Pour l'équipement mécanique de la ferme 118
GELLUSSEAU (L.). — Abaques de calcul et de contrôle de toutes sections de béton armé 116
GIBLIN (R.) et MISSENARD (A.). — Cours supérieur de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air 145
GOTTSCHE (G.). — Formulaire du Frigoriste 117
GUARINI (E.). — L'utilisation de la chaleur ambiante comme force motrice 86
GUINIER (A). — Radio-cristallographie 222
HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — Cours d'exploitation des mines 24
LHERMITTE (R.). — L'expérience et les théories nouvelles en résistance des matériaux 56
IZART (J.). — Construction mécanique 25
— Physique industrielle 25
LAFUMA (H.). — Les liants hydrauliques. Propriétés. Choix et condition d'emploi 90
LAURENT (J.). — Contribution à l'application des lois de simultitude aux essais sur modèles réduits d'hydraulique fluviale. Etude d'un fleuve à marées 172
MACCHIA (O.). — Le chromage électrolytique 56
MASSON (H.). — Problème du convoi pour la travée indépendante 117
MAYER (A.). — Sols et fondations 146
MONTEIL. — Hydraulique théorique 118
— Thermodynamique et mécanique des fluides 118
MONTGOLFIER (P. de). — La Tourbe et ses utilisations 118
RIBAUD (G.) et BRUN (E.). — La convection forcée de la chaleur en régime d'écoulement turbulent 198
SCIENCE et INDUSTRIE (Editions) La technique des industries chimiques 90
SÉDILLE. — Mécanique des fluides 118
VALLETTE (R.). — Construction des Ponts 119
VASSOGNE (G.). — Machines frigorifiques 118
VÉRON (M.). — Traité de chauffage 174
VIARD (R.). — Constructions rurales et Bâtiments agricoles 118

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique

AUBERT (M.). — Analyse des mélanges de carbures par les méthodes optiques 195
BACKHMETEFF (B.-A.). — Mécanique de l'écoulement turbulent des fluides 51
BROGLIE (L. de). — Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques 20
CANDLER (A.-C.). — Spectrographie analysis in Great Britain 170
CLARK (W.). — La photographie infra-rouge, ses principes et ses applications 196
DARMOIS (E.) et COHN (M.). — Lampes à incandescence et lampes à décharge 111
DESTOUCHES (J.-L.). — Corpuscules et systèmes de corpuscules 52
DIVES (A.). — Les interprétations physiques de la théorie d'Einstein 221
DUPUY (G.). — Radium et radio-activité 112
FARADAY (Société). — Luminescence 199
MARK (M.-G.). — Amplificateurs basse fréquence. Théorie et pratique 21
MILLIKAN (R.-A.). — Rayons cosmiques 197
PARODI (Maurice). — Application des polynomes électrosphériques à l'étude des systèmes oscillants 141
PRIGOGINE (I.). — Contribution à la théorie des électrolytes forts 22
RENAULT (R.). — La matière. I. Atomistique et chimie générale 88
RICHARDSON (F.-G.). — Le Son 199
ROCARD (Yves). — Théorie des oscillateurs 88
ROUSSEAU (P.). — De l'atome à l'étoile 120
— Pour comprendre l'astrophysique 53
SIMON (G.) et DOGNON (H.). — Précis de physique 53
SOLOMON (J.). — Protons, Neutrons, Neutrinos 170
VERGNE (H.) et VILLEY (J.). — Les variations de l'équilibre thermodynamique 112

Chimie

ASSOCIATION DE FABRICANTS BRITANNIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES. — Produits chimiques britanniques et leurs fabricants 169
BILZ (H.) et BILTZ (W.). — Exécution d'analyses quantitatives 86
BODENDORF (K.). — Abrégé de Pharmacie chimique 86
BRODE (W.-R.). — Chemical spectroroscopy 170
CATTELAIN (E.). — Pour comprendre la chimie moderne 196
CHAPLET (A.). — Dictionnaire des Produits Chimiques commerciaux et des drogues industrielles 86
CRISTOL (P.). — Précis de chimie biologique 52
FARADAY (Society). — Réactions chimiques impliquant des solides 140
GLOCLKER (G.) et LIND (C.). — Electrochimie de gaz et autres diélectriques 196
GUILLEMONAT (A.). — Le bois matière première de la chimie moderne 87
KARRER (P.). — Lehrbuch der organischen Chemie 53
MANN (F.-G.) et SAUNDERS (B.-C.). — Introduction à la chimie organique 170
MEURICE (A.). — Cours d'analyses quantitative des matières minérales 87
MIALL (S.). — Nouveau dictionnaire de chimie 141
POLONOVSKI (M.) et LESPAGNOL (A.). — Chimie organique biologique 87
TWYMAN (T.). — Analyse spectro-chimique en 1938 140

3° SCIENCES NATURELLES

Biologie générale

CAULLERY (M.). — Les étapes de la Biologie 56
CUÉNOT (L.). — Invention et finalité en biologie 57
FISCHER (P.-H.). — Ce qu'il faut savoir en dissection. Manuel pratique à l'usage de l'étudiant et du naturaliste 113
GRASSÉ (René). — La reproduction sexuée et l'analyse expérimentale de la fécondation 89
OBRÉ (A.). — Les hypnotiques barbituriques et l'excitabilité 172
SORRE (M.). — Les fondements biologiques de la géographie humaine. Essai d'une Ecologie de l'homme 202

Botanique et Agronomie

BEIRNAERT (A.). — La Technique culturale sous l'équateur. Influence de la culture sur les réserves en humus et en azote des terres équatoriales 171
FERRAND (M.). — Observations sur les variations de la concentration du latex *in situ*, par la microméthode de la goutte de latex 142
GUILLAUMIN (A.). — Formulaire technique du Botaniste préparateur et voyageur 143
LEBRUN (J.). — Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo Belge 142
LECLERCQ (Dr Henri). — Les légumes de France. Leur histoire, leurs usages alimentaires, leurs vertus thérapeutiques 142
TROCHAIN (Jean). — Contribution à l'étude de la végétation au Sénégal 143

Géographie

BERG (L.). — Les régions naturelles de l'U.R.S.S. 25
DESPOIS (Jean). — La Tunisie orientale, Sahel et Basse-Steppe 146
JEANNEL (Dr René). — Au seuil de l'Antarctique. Croisière de « Bougainville » aux îles des Manchots et des Eléphants de mer 23
JOLEAUD (L.). — Atlas de paléobiogéographie 23
PAPEY (Louis). — La côte atlantique de la Loire à la Garonne 55

Géologie et P léontologie

BLONDEL (F.). — Bibliographie géologique et minière de la France d'outremer 89
DEFLANDRE (G.). — La vie, créatrice des Roches 54
FURON (R.). — Géologie du Plateau Iranien 113
GAUSSEN (H.). — Le gymnospermes actuelles et fossiles 113
LAPPARENT (Albert-F. de). — Excursions géologiques dans le Bassin de Paris 114
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. — Bibliographie des Sciences Géologiques 88

Météorologie et Physique du Globe

BATES (L.). — Modern magnetism 195

BLANCHARD (J.). — L'hypothèse du déplacement des pôles et la chronologie du Quaternaire 171
FLEMING (J.-A.). — Terrestrial magnetism and Electricity 199

Zoologie

BOURLIÈRE (F.). — Formulaire technique du Zoologiste préparateur et voyageur 54
MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ DE BIOGÉOGRAPHIE. Contribution à l'étude de la répartition actuelle et passée des organismes dans la zone néritique 89
PORTEVIN (G.). — Ce qu'il faut savoir des abeilles. La pratique du rucher 55
— Ce qu'il faut savoir des insectes 114
RODE (Paul). — Petit atlas des Mammifères 142

Anthropologie et Ethnographie

GOURON (Pierre). — La terre et l'homme en Extrême-Orient 25
JULIEN (Ch.-A.). — Histoire de l'Afrique 58
LHOTE (H.). — Le Touaregs du Hoggar 201
LOT (F.). — La France, des origines à la guerre de Cent ans 201
POISSON (G.). — L'atlantide devant la Science. Étude de Préhistoire 201
WARTBURG (W. Van). — Les origines des peuples romans. 58

Anatomie et Physiologie

LAPICQUE (L.). — La machine nerveuse 115
MISSENARD (A.). — L'homme et le climat 117
ROGER (G.-H.). — Physiologie de l'instinct et de l'intelligence 55
ROUVIÈRE (H.). — Anatomie philosophique. La pénalité dans l'évolution 91

4° SCIENCES MÉDICALES

DAURIS. — Guide pratique pour l'examen et l'analyse du sang 142
GALLOT (S.). — Les Vitamines 54
GARNIER (G.) et BARTHÉLÉMY (Mlle). — Catalogue des thèses soutenues devant la Faculté de Pharmacie de Paris de 1895 à 1940 114
JANOT (M.) et TORAUDE (L.-G.). — Notions pratiques de pharmacie 115
POLONOVSKI (Michel), BOULANGER (T.), CRISTOL (P.), FLORENCE (G.), GIBESTON (A.), MACHEBŒUF (M.), ROBERT (H.), ROCHE (J.) et SANNIÉ (C.). — Éléments de biochimie médicale 22
STROHL (A.). — Précis de physique médicale 88

5° SCIENCES DIVERSES

AUTRAN (Ch.). — La préhistoire du Christianisme 174
BOLL (Marcel). — Quelques sciences captivantes (Hypnotisme, Psychanalyse, Suggestion, Métaphysique, Astrologie, Spiritisme, Radiesthésie) 146
BROOKS (Georges). — Banane sèche 146
BOUQUET (Dr H.). — Les influences méconnues 174
CHASSELOUP-LAUBAT (F. de). — François Fresneau, seigneur de la Gataudière, Père du Caoutchouc 175
CHAUVET-DUSOUL (Dr F.). — Philosophie et religion 91
COCHE (A.). — Manuel de Pédagogie appliquée à l'Éducation physique 175
CONTENAU (Dr G.). — Le déluge babylonien. Ishtar aux Enfers. La tour de Babel 57
DECUGIS (H.). — Le vieillissement du monde vivant 200
GILLET (Louis). — Dante 119
GUILLAUME (G. et Ed.). — Modèles mathématiques des mondes économiques. Exposés d'Économie rationnelles 50
GUYÉNOT (E.). — Les sciences de la vie au XVIIe et au XVIIIe siècles. L'idée d'évolution 54
IMBELLONI (J.) et VIVANTE (A.). — Le livre des Atlantides 119
JEANNEL (Dr R.). — Les fossiles vivants des cavernes 176
KACHKAROV (D.-M.) et KOROVINE (E.-D.). — La vie dans les déserts 120
LECAT (M.). — L'azéotropie 197
LECOMTE DE NOUY. — L'avenir de l'Esprit 200
LINDNER (K.). — La chasse préhistorique 176
LOLLI (E.). — La conception inductive de la vie 25
MASANI (R.-P.). — Le Zoroastrisme, religion de la vie bonne 176
MEREJKOWSKI (D.). — Luther 26
MONCETZ (A. de). — Initiation aux méthodes de la statistique 120
PELSENER (J.). — Zénobe Gramme 173
ROUSSEAU (P.). — L'astronomie sans télescope 120
RUDAUX L.). — La Terre et son histoire 58
SEGUY (F.). — Ce qu'il faut savoir pour connaître et exterminer les animaux pillards et destructeurs de l'économie domestique 143

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Académie des Sciences de Paris

Séances des 25 août 1941 26
— 1, 8 sept. 26
— 15, 22, 29 sept. 27
— 6, 13 oct. 27
— 20, 27 — 28
— 3 nov. 28
— 10 — 58
Séances des 17, 24 — 59
— 1er déc. 59
— 8 déc. 60
— 15, 29 déc. 91
— 5, 12 janv. 1942 92
— 4 — 1944 107
— 10, 17, 24 — 108
— 31 — 109
— 7, 14 fév. 147
Séances des 21, 28 — 148
— 6 mars 202
— 13, 20 — 203
— 27 — 204
— 3, 12 avril 223
— 17, 24 — 224
— 1 mai 224
— 8 — 225

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME LII DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

A

ABAQUES. — Abaques de calcul et de contrôle de toutes sections de béton armé 116
ABEILLES. — Ce qu'il faut savoir des Abeilles. La pratique du Rucher 55
AFRIQUE. — Histoire de l'Afrique 58
AIR. — Cours supérieur de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air 145
ALGEBRA. — Logic of algebra 110
AMPLIFICATEURS. — Amplificateurs basse fréquence. Théorie et pratique 21
ANALYSE. — Guide pratique pour l'examen et l'analyse du sang 142
— Analyse des mélanges de carbures par les méthodes optiques 195
ANATOMIE. — Anatomie philosophique. La finalité dans l'évolution 91
ANCESTRALES. — Évolution et retour aux formes ancestrales? **4**
ANIMAUX. — Ce qu'il faut savoir pour connaître et exterminer les animaux pillards et destructeurs de l'économie domestique 143
ANTRARCTIQUE. — Au seuil de l'Antarctique. Croisière du Bougainville aux îles des Manchots et des Eléphants de mer 23
APPLICATION. — Application des polynomes électrosphériques à l'étude des systèmes oscillants 141
ARGILES. — La bentonite, les argiles colloïdales et leurs emplois 90
ARNAUD DE VILLENEUVE. — La structure intime de la matière au Moyen Age d'après les œuvres d'Arnaud de Villeneuve **31**
ARTHROPODES. — Sur la vision chez les Vertébrés et les Arthropodes **65**
ASTRONOMIE. — Astronomie sans télescope 120
ASTROPHYSIQUE. — Pour comprendre l'astrophysique 53
ATLANTIDE (L'). devant la science. Étude de Préhistoire.
ATLANTIDES. — Le livre des Atlantides 119
ATLANTIQUE. — La côte atlantique de la Loire à la Garonne 55
ATMOSPHÈRE. — La haute atmosphère **153, 189**
ATOME. — De l'atome à l'Etoile 120
ATOMISTIQUE. — La matière. I. Atomistique et chimie générale 88
AVIATION. — Les problèmes des très grandes vitesses en aviation **98**
AZÉOTROPIE. — L'Azéotropie 197

B

BANANE. — Banane sèche 146
BENTONITE. — La Bentonite, les Argiles colloïdales et leurs emplois 90
BÉTON ARMÉ. — Abaques de calcul et de contrôle de toutes sections de béton armé 116
— Aide-mémoire du constructeur de béton armé 116
BIOCHIMIE. — Eléments de Biochimie médicale 22
BIOLOGIE. — Carrières biologiques **63**
— Les étapes de la Biologie 56
— L'homme devant la biologie **211**
— Inventions et finalité en biologie 57
BIOMÉCANIQUE. — (Mécanique et sciences biologiques) **9**
BOBINE DE RHUMKORFF. — Centenaire de la Bobine de Rhumkorff **64**
BOIS. — Le bois matière première de la chimie moderne 87
BOTANISTE. — Formulaire technique du Botaniste préparateur et voyageur 113

C

CAFÉIERS. — Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo Belge 142
CANCÉREUX. — Unicité de pluralité du virus cancéreux **121**
CAOUTCHOUC. — François Fresneau, seigneur de la Gataudière, père du caoutchouc 175
CARBURANTS. — Carburants et lubrifiants nationaux 144
— La tourbe, un carburant, un engrais 74
CARBURES. — Analyses des mélanges de carbures par les méthodes optiques 195
CARRIÈRES. — Carrières biologiques 63
CENTENAIRE. — Centenaire de la Bobine de Rhumkorff **64**
— Le centenaire de la naissance de Metchnikoff **177**
CHALEUR. — La convection forcée de la chaleur en régime d'écoulement turbulent 198
— La récupération de chaleur et de sous-produits dans l'industrie chimique **94**
CHAUFFAGE. — Traité de chauffage 174
CHEMICAL. — Chemical spectroscopy 170
CHEMIE. — Lehrbuch der organischen Chemie 53
CHIMIE. — Dictionnaire des Produits Chimiques et des drogues industrielles 86
— Introduction à la chimie organique 170
— La matière. I. Atomistique et chimie générale 88
— Nouveau dictionnaire de chimie 141
— Produits chimiques britanniques et leurs fabricants 169
— Chimie organique biologique 87
— Pour comprendre la chimie moderne 196
— Précis de chimie Biologique 52
CHIMIQUES. — La technique des industries chimiques 90
CHRISTIANISME. — La préhistoire du Christianisme 174
CHROMAGE. — Chromage électrolytique 56
CLIMATIQUE. — Essai d'une monographie climatique élémentaire d'une commune du Département de la Loire **79**
COMPOSITION. — Sur la composition des vitesses **42**
CONGO-BELGE. — Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo Belge 142
CONSCIENCE. — L'instinct et la conscience dans l'évolution de la vie **162**
CONVECTION. — La convection forcée de la chaleur en régime d'écoulement turbulent 198
CONSTRUCTION. — Construction mécanique 25
— Construction des Ponts 119
— Constructions rurales de Bâtiments agricoles 118
CORPUSCULES. — Corpuscules et systèmes de corpuscules 52
CULTURE. — Technique culturale sous l'Equateur. Influence de la culture sur les réserves en humus et en azote des terres équatoriales 171

D

DANTE 119
DÉCHARGE. — Lampes à incandescence et lampes à décharge 111
DÉLUGE. — Le déluge Babylonien. Ishtar au Enfers. La tour de Babel 57
DÉPOLARISATION. — Dépolarisation d'un faisceau lumineux à travers des suspensions grossières **124**
DÉSERTS. — La vie dans les Déserts 120
DISSECTION. — Ce qu'il faut savoir en dissection. Manuel pratique à l'usage de l'étudiant et du Naturaliste 113

E

EAU. — Recherche théorique et expérimentale sur les oscillations de l'eau dans les chambres d'équilibre 116
ECOLOGIE. — Les fondements biologiques de la géographie humaine. Essai d'une écologie de l'homme 202
ECONOMIE. — Modèles mathématiques des mondes économiques. Exposés d'Economie rationnelle 50
EDITORIAL **93**
EDUCATION PHYSIQUE. — Manuel de pédagogie appliquée à l'Education physique 175
ELECTRICITÉ. — Le principe de la conservation de l'électricité **73**
ELECTROCHIMIE. — Electrochimie des gaz et autres diélectriques 196
ELECTROLYTES — Contribution à la théorie des électrolytes forts 22

1 Les chiffres en caractères gras reportent aux articles originaux

ÉLECTROMAGNÉTIQUES. — Problèmes de propagation guidée des ondes électromagnétiques.............. 20
ENGRAIS. — La tourbe, un carburant, un engrais....... 74
ÉQUIPEMENT. — Pour l'équipement mécanique de la ferme.. 118
ÉRATOSTHÈNE. — Généralisation du crible d'Eratosthène **206**
ESSAI. — Essai d'une monographie climatique élémentaire d'une commune du Département de la Loire.. **79**
ESSENCES. — Les essences de quelques labiées de Provence.. **35**
ESPRIT. — L'avenir de l'Esprit......................... 200
ÉVOLUTION. — Anatomie philosophique. La finalité dans l'évolution.. 91
— L'évolution de la mécanique..................... 145
— Évolution et retour aux formes ancestrales.... **4**
— Les sciences de la vie au XVIIe et au XVIIIe siècles. L'idée d'évolution................................. 54
EXCITABILITÉ. — Les hypnotiques barbituriques et l'excitabilité.. 172
EXPÉRIENCE. — L'expérience et les théories nouvelles en résistance des matériaux......................... 56
EXTRÊME-ORIENT. — La terre et l'homme en Extrême-Orient.. 25

F

FAISCEAU. — Dépolarisation d'un faisceau lumineux à travers des suspensions grossières................ **124**
FÉCONDATION. — La reproduction sexuée et l'analyse expérimentale de la fécondation..................... 89
FERME. — Pour l'équipement mécanique de la ferme..... 118
FLUIDES. — Mécanique de l'écoulement turbulent des fluides.. 51
— Mécanique des fluides............................. 118
— Thermodynamique et mécanique des fluides...... 118
FORMES. — Le mystère des nombres et des formes....... 110
FONDATIONS. — Sols et fondations..................... 146
FORCE MOTRICE. — L'utilisation de la chaleur ambiante comme force motrice............................... 86
FOSSES. — Les fosses septiques, leur construction, leur fonctionnement, leur entretien..................... 145
FOSSILES. — Les fossiles vivants des cavernes......... 176
FRANCE. — La France des origines à la guerre de cent ans.. 201
FRANÇOIS FRESNEAU seigneur de la Gataudière, père du caoutchouc.. 175
FRIGORIFIQUES. — Machines grigorifiques............... 118
FRIGORISTE. — Formulaire du Frigoriste................ 117

G

GAZ. — Electrochimie des gaz et autres diélectriques..... 196
GÉNÉRATEURS. — Générateurs de vapeur à très haute pression.. 24
GÉOLOGIE. — Biblio-géologique et minière de la France d'outremer.. 89
— Bibliographie des sciences géologiques........... 88
— Excursions géologiques dans le Bassin de Paris.. 114
— La géologie et les mines d'or du Nouveau-Québec. **131**
— Géologie du Plateau Iranien...................... 113
GYMNOSPERMES. — Les gymnospermes actuelles et fossiles.. 113

H

HAUTE. — La haute atmosphère.................. **153, 189**
HOGGAR. — Les Touaregs du Hoggar..................... 201
L'HOMME devant la biologie............................ **211**
HOMME. — L'homme et le climat........................ 117
HYDRAULIQUE FLUVIALE. — Contribution à l'application des lois de similitude aux essais sur modèles réduits d'hydraulique fluviale. Etude d'un fleuve à marées.. 172
— théorique.. 118
HYPNOTIQUES. — Hypnotiques barbituriques et l'excitabilité.. 172

I

INFLUENCES. — Les influences méconnues............... 174
INGÉNIEURS. — Le recrutement des ingénieurs docteurs. **149**
INSECTES. — Ce qu'il faut savoir des insectes.......... 114
INSTINCT. — L'instinct et la conscience dans l'évolution de la vie.. **162**
— Physiologie de l'Instinct et de l'Intelligence...... 55
INTELLIGENCE. — Physiologie de l'Instinct et de l'Intelligence.. 55
INVENTIONS. — Inventions et finalité en biologie...... 57

L

LABIÉES. — Les essences de quelques labiées de Provence.. **35**
LAMPES. — Lampes à incandescence et lampe à décharge. 111
LATEX. — Observations sur les variations de la concentration du latex *in situ* par la microméthode de la goutte de latex.. 142
LÉGUMES. — Les légumes de France, leur histoire, leurs usages alimentaires, leurs vertus thérapeutiques.... 142
LIANTS. — Les liants hydrauliques. Propriétés, choix et condition d'emploi................................ 90
LOGARITHMES. — Tables de lorgarithmes de logarithmes. 140
LOGIC. — Logic of algebra............................ 110
LUBRIFIANTS. — Carburants et lubrifiants nationaux... 144
LUMINESCENCE.. 199
LUTHER.. 26

M

MACHINES. — Machines frigorifiques.................... 118
MAGNÉTISME. — Modern Magnetism....................... 199
— Terrestrial magnetism and Electricity.......... 199
MALFITANO. — Giovanni Malfitano (1872-1941)........ **29**
MAMMIFÈRES. — Petit atlas des mammifères............ 142
MATHEMATICAL. — The Mathematical papers............. 111
MATHÉMATIQUES. — Les crises de l'unité dans la mathématique.. 215
MATIÈRE. — La matière. I. Atomistique et chimie générale. 88
— La structure intime de la maière au Moyen Age d'après les œuvres d'Armand de Villeneuve...... **31**
MARSUPIAUX. — La structure de l'hypothalamus et la fonction thermo-régulatrice chez les Masurpiaux... **180**
MATÉRIAUX. — L'expérience et les théories nouvelles en résistance des matériaux......................... 56
MÉCANIQUE. — Les applications techniques de la mécanique ondulatoire................................ **207**
MÉCANIQUE. — L'évolution de la mécanique.............. 145
— Mécanique de l'écoulement turbulent des fluides.. 55
— Mécanique des fluides............................. 118
MÉTAUX. — La rectification des métaux................. 24
METCHNIKOFF. — Le centenaire de la naissance de Metchnikoff.. **177**
MÉDECINE. — La médecine néo-hyppocratique........... **61**
MICROMÉTHODE. — Observation sur les variations de la concentration du latex *in situ*, par la microméthode de la goutte de latex............................. 142
MINÉRALES. — Cours d'analyses quantitative des matières minérales................................... 87
MINES. — Bibliographie géologique et minière de la France d'outremer............................... 89
— Cours d'exploitation des mines..................... 24
MINES D'OR. — La géologie et les mines d'or du Nouveau-Québec.. **131**
MONDE. — Le vieillissement du monde vivant........... 200
MYSTÈRE. — Le mystère des nombres et des formes..... 110

N

NÉO-HIPPOCRATIQUE. — La médecine néo-hyppocratique.. **61**
NÉRITE. — Contribution à l'étude de la répartition actuelle et passée des organismes dans la zone néritique.. 89
NEUROCRINIE. — La Neurocrinie en physiologie des Vertébrés.. **137**
NEUTRINOS. — Protons, neutrons, neutrinos............ 170
NEUTRONS. — Protons, neutrons, neutrinos............. 170
NOMBRES. — Le mystère des nombres et des formes..... 110

O

ONTOGÉNIE. — La surévolution post-embryonnaire et les lois de l'ontogénie.............................. **103**
OSCILLATEURS. — Théorie des oscillateurs.............. 88
OSCILLATIONS. — Recherche théorique et expérimentale sur les oscillations de l'eau dans les chambres d'équilibre.. 116

P

PALÉOBIOGÉOGRAPHIE. — Atlas de Paléobiogéographie. 23
PATES A PAPIER. — Le Problème des Pâtes à Papier.... **184**
PHARMACIE. — Abrégé de Pharmacie chimique........... 86
— Notions pratiques de pharmacie.................... 115
PHILOSOPHIE. — Anatomie philosophique. La finalité dans l'évolution................................ 91
— Philosophie et Religion........................... 91

PHYSIOLOGIE. — La machine nerveuse.................. 115
— Physiologie de l'Instinct et de l'Intelligence...... 55
PHYSIQUE. — Précis de Physique...................... 53
— Précis de physique médicale...................... 88
— Physique industrielle.............................. 25
PHOTOGRAPHIE. — Photographie unfra-rouge, ses principes et ses applications........................ 196
PICARD (Emile).. 1
PLATEAU IRANIEN. — Géologie du Plateau Iranien.... 113
POLES. — L'hypothèse du déplacement des Pôles et la chronologie du Quaternaire......................... 171
POLYNOMES. — Application des polynomes électrosphériques à l'étude des systèmes oscillants.......... 141
PONTS. — Construction des Ponts...................... 119
PRÉHISTOIRE. — La chasse préhistorique............... 176
PRINCIPE. — Le principe de la conservation de l'électricité.. 73
PROBLÈME. — Problème du convoi pour la travée indépendante... 117
— Problème de propagation guidée des ondes électromagnétiques... 20
— Les problèmes des très grandes vitesses en aviation... 98
PROTONS. — Protons, neutrons, neutrinos............ 170

Q

QUATERNAIRE. — L'hypothèse des déplacements des pôles et la chronologie du quaternaire.............. 171

R

RADIO-ACTIVITÉ. — Radium et radio-activité......... 112
RADIUM. — Radium et radio-activité.................. 112
RAYONS. — Rayons cosmiques.......................... 197
RÉACTIONS. — Réactions chimiques impliquant des solides... 140
RECRUTEMENT. — Le recrutement des ingénieurs docteurs. 149
RÉCUPÉRATIONS. — Les récupérations de chaleur et de sous-produits dans l'industrie chimique.......... 94
RECTIFICATION. — Rectification des métaux........... 24
RELIGION. — Philosophie et Religion................. 91
REPRODUCTION. — La reproduction sexuée et l'analyse expérimentale de la fécondation................ 89
ROCHES. — La vie créatrice des roches............... 54
ROMANS. — Les origines des peuples romans.......... 58

S

SANG. — Guide pratique pour l'examen et l'analyse du sang... 142
SCIENCES. — Les sciences de la vie au XVIIe et au XVIIIe siècles. L'idée d'évolution.......................... 54
— Quelques sciences captivantes : Hypnotisme, Psychanalyse, Suggestion, Métapsychie, Astrologie, Spiritisme, Radiesthésie............................ 146
SÉNÉGAL. — Contribution à l'étude de la Végétation au Sénégal.. 143
SOLIDES. — Réactions chimiques impliquant des solides... 140
SOLS. — Sols et fondatoins............................ 146
SON. — Le son.. 199
SOUS-PRODUITS. — Les récupérations de chaleur et de sous-produits dans l'industrie chimique.......... 94
SPECTRO-CHIMIQUE. — Analyse spectro-chimique....... 140
SPECTROSCOPY. — Chemical spectroscopy.............. 170
SPECTROGRAPHIE. — Spectrographie analysis in great Britain 170
STATISTIQUE. — Initiation aux méthodes de la statistique. 120
STILLIRÉACTION. — Introduction à l'étude des stilliréactions... 182
STRUCTURE. — La structure de l'hypothalamus et la fonction thermo-régulatrice chez les Marsupiaux...... 180
— La structure intime de la matière au Moyen Age d'après les œuvres d'Armand de Villeneuve......... 31
SURÉVOLUTION. — La surévolution post-embryonnaire et les lois de l'ontogénie.......................... 103
SUSPENSIONS. — Dépolarisation d'un faisceau lumineux à travers des suspensions grossières............. 124

T

TABLES. — Tables de logarithmes de logarithmes........ 140
TECHNIQUE. — Technique des industries chimiques..... 90
TERRE. — La Terre et son histoire.................... 58
THERMODYNAMIQUE. — Thermodynamique et mécanique des fluides.. 118
— Les variations de l'équilibre thermodynamique.... 112
THÈSES. — Catalogue des thèses soutenues devant la Faculté de Pharmacie de Paris de 1895 à 1940...... 114
TOURBE. — La tourbe un carburant, un engrais........ 74
— La tourbe et ses utilisations...................... 118
TRAITÉ. — Traité de chauffage........................ 174
TRAVÉE. — Problème du convoi pour la travée indépendante... 117
TUNISIE. — La Tunisie orientale, Sahel et Basse-Steppe. 146

U

UNICITÉ. — Unicité en pluralité du virus cancéreux.... 121
U.R.S.S. — Les régions naturelles de l'U.R.S.S........ 25
UTILISATION. — Utilisation de la chaleur ambiante comme force motrice................................ 86

V

VAPEUR. — Générateurs de vapeur à très haute pression... 24
VARIATIONS. — Les variations de l'équilibfe thermodynamique.. 112
VÉGÉTATION. — Contribution à l'étude de la Végétation au Sénégal.. 143
VERRERIE. — La verrerie.............................. 145
VERTÉBRÉS. — Sur la vision chez les Vertébrés et les Arthropodes... 65
VIE. — La conception inductive de la vie............. 25
VISION. — Sur la vision chez les Vertébrés et chez les Arthropodes... 65
VITAMINES. — Les Vitamines........................... 54
VITESSES. — Sur la composition des vitesses......... 42

Z

ZÉNOBE. — Zénobe Gramme.............................. 173
ZOOLOGIE. — Formulaire technique du zoologiste préparateur et voyageur................................ 54
ZOROASTRISME. — Le Zoroastrisme, religion de la vie bonne.. 176

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

A

Aubert (M.), 195.
Autran (Ch.), 174.

B

Bakhmeteff (B.-A.), 51.
Barthélémy (Mlle O.), 114.
Bary (P.), 115.
Bates (L.), 195.
Beirnaert (A.), 171.
Berg (L.), 25.
Berthelot (Ch.), 24, 144.
Biltz (H. et W.), 86.
Blanchard (J.), 171.
Bloch (Eug.), 140, 170.
Bloch (L), 170, 195, 196, 197, 199.
Blondel (F.), 89.
Bocard (Y.), 88.
Bodendorf (K.), 86.
Boll (M.), 110, 146.
Borel (E.), 145.
Boulanger (P.), 22.
Bouligand (Georges), **1**, 111, **215**.
Bouquet (H.), 174.
Bourlière (E.), 54.
Bournau (F.), 141.
Boutaric (A.), 20, 52, **73**, 86, 88, 115, **124**, 143, 195.
Braive (J.), 116.
Brode (W.-R.), 170.
Broglie (Louis de), 20, **207**.
Brola (G.), 24.
Brooks (G.), 146.
Brousseau (Dr A.), 115.
Bruet (E.), **131**.
Brun (E.), 198.
Builder (A.), 145.
Busson (A.), 172.

C

Candler (A.-C.), 170.
Cattelain (E.), 22, 53, 56, 87, 88, 90, 112, 118, 120, 141, 142, 145, 146, 169, 172, 173, **182**, 196, 200.
Caullery (M.), 56.
Chaplet (A.), 86.
Chasseloup-Laubat (F. de), 175.
Chauvet-Dusoul (F.), 91.
Chevallier (Paul), **31**.
Clark (W.), 196.
Coche (A.), 175.
Cohu (M.), 111.
Cuénot (L.), 57.
Contenau (G.), 57.
Cristol (P.), 22, 52.

D

Darmois (E.), 111.
Decugis (H.), 200.
Deflandre (G.), 54.
Demozay (L.), **79**.
Dériberé (M.), 90.
Despois (J.), 146.
Destouches (J.-L.), 52.
Dienes (P.), 110.
Dienesch (J.), 140.
Dives (A.), 221.
Dognon (A.), 53.
Doin (G.), 26, 174.
Douris, 143.
Dupont (G.), **184**.
Dupuy (G.), 112.

E

Escande, 116.
Esme (A.), 90.

F

Fabrègue (E.), 116, 117, 118, 119, 145.
Ferrand (M.), 142.
Fischer (P.-H.), 113.
Fleming (J.-A.), 199.
Florence (G.), 22.
Fontaine (R.), 24.
Fourcault (L.-D.), 118.
Furon (R.), 23, 24, 25, 54, 56, 57, 89, 113, 114, 119, 142, 143, 171, 174, 175, 176, 201, 202.

G

Gallet (Suzanne), 54.
Garnier (G.), 114.
Gaussen (H.), **4**, **103**, 113.
Gellusseau (L.), 116.
Giberton (A.), 22.
Giblin (R.), 145.
Gillet (L.), 119.
Glocker (G.), 196.
Godfrin (A.), 114.
Gottsche (G.), 117.
Gouron (P.), 25.
Gouzi (P.), **180**.
Guarini (E.), 86.
Guillaume (G. et Ed.), 50.
Guillaumin (A.), 113.
Guillemonat (A.), 87.
Guinier (A.), 222.
Guyénot (E.), 54.

H

Hackspill (L.), **94**.
Hamilton (W.-R.), 111.
Haton de la Goupillière, 24.
Herbert (J.), 115.
Herscovici (H.), **61**, **162**.
Honnelaitre (H.), **29**.

I

Imbelloni (J.), 119.
Izart (J.), 25.

J

Janot (M.), 115.
Jeannel (R.), 23, 176.
Joleaud (L.), 23.
Julien (Ch.-A.), 58.

K

Kachkarov (D.-N., 120.
Kahan (Th.), 145.
Karrer (P.), 53.
Korovine (E.-P.), 120.

L

Lafuma (H.), 90.
Lapicque (L.), 115.
Lapparent (A.-F. de), 114.
Latarjet (R.), 55, 175.
Laurent (J.), 172.
Lebrun (J.), 142.
Lecat (M.), 197.
Le comte de Nouy, 200.
Le Grand (Y.), **153**, **189**.
Lespagnol (A.), 87.
L'Hermitte (R.), 56.
Lhote (H.), 201.
Lind (C.), 196.
Lindner (K.), 176.
Lolli (E.), 25.
Lot (F.), 201.

M

Machebœuf (M.), 22.
Macchia (O.), 56.
Mann (F.-G.), 176.
Marbais (S.), **121**.
Mark (M.-G.), 21.
Masani (R.-P.), 176.
Masson (H.), 117.
Mayer (A.), 146.
Merejkowski (D.), 26.
Meurice (A.), 87.
Miall (S.), 141.
Millikan (R.-A.), 197.
Missenard (A.), 117, 145.
Moncetz (A. de), 120.
Monteil, 118, 205.
Montgolfier, 118.

N

Nageotte (J.), **65**.

O

Obré (A.), 172.

P

Papy (L.), 55.
Parodi (M.), 141.
Pelseneer (J.), 173.
Poisson (G.), 201.
Polonovski (M.), 22, 87.
Porak (Dr), 25, 55, 91.
Portevin (G.), 55, 114.
Prigogine (L.), 22.

R

Rameau (Dr), **64**.
Ranc (A.), **177**.
Renaud (P.), **206**s
Renault (R.), 88.
Ribaud (G.), 198.
Richardson (F.-G.), 199.
Riese (W.), **180**.
Rigotard (M.), 143, 171.
Robert (H.), 22.
Roche (J.), 22.
Rocher (P.), 50.
Rode (P.), 142.
Roger (G.-H.), 55.
Rostand (J.), **211**.
Rousseau (P.), 53, 120.
Rouvière (H.), 91.
Rudaux (L.), 58.

S

Salgues (R.), **35**.
Sannié (C.), 22.
Saundners (B.-C.), 170.
Schunck de Goldfiem (J.), **9**, 22, 54, **63**, 88, 89, 222.
Sedille, 118.
Seguy (E.), 143.
Simon (G.), 53.
Sivadjian (J.), **42**.
Solomon (J.), 170.
Sorre (M.), 202.
Soyer (R.), 113.
Strohlh (A.), 88.

T

Thieblot (L.), **137**.
Tongas (Ph.), 24, 25, 56, 90, 120, 144.
Toraude (L.-G.), 115.
Trochain (J.), 143.
Twyman (T.), 140.

V

Vallette (R.), 119.
Vassogne (G.), 118.
Vergne (H.), 112.
Véron (M.), 174.
Viard (R.), 118.
Villey (J.), **93**, **98**, 112, 140, **150**
Vivante (A.), 119.

W

Wartburg (W.), 58.

1. Les chiffres en caractères gras reportent aux articles originaux